

ANA LÚCIA RODOLFO MORETO

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICA, MINERALÓGICA E TECNOLÓGICA DOS
FILITOS DA REGIÃO DE ITAPEVA-SP EMPREGADOS NA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia Exploratória, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora:
Profª Drª Eleonora M. Gouvêa Vasconcellos

Co-orientador:
Prof. Dr. José Manoel dos Reis Neto

**Curitiba
2006**

ANA LÚCIA RODOLFO MORETO

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICA, MINERALÓGICA E TECNOLÓGICA DOS
FILITOS DA REGIÃO DE ITAPEVA-SP EMPREGADOS NA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia Exploratória, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora:
Profª Drª Eleonora M. Gouvêa Vasconcellos

Co-orientador:
Prof. Dr. José Manoel dos Reis Neto

**Curitiba
2006**

M844 Moreto, Ana Lúcia Rodolfo
Características química, mineralógica e tecnológica dos filitos da
Região de Itapeva-SP empregados na indústria de cerâmica / Ana
Lúcia Rodolfo Moreto. - Curitiba, 2006.
xi, 96 f. : il., tabs, grafs.

Orientadora: Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos
Co-orientador: José Manoel dos Reis Neto
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor
de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Geologia
Exploratória
Inclui Bibliografia.

1. Filito branco. 2. Rochas metamórficas. 3. Minerais industriais.
4. Geologia econômica. 5. Cerâmica (Tecnologia). 6. Fundente.
7. Fácies (geologia). I. Vasconcellos, Eleonora Maria Gouvêa. II. Título.
III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 552.7

AGRADECIMENTOS

A escalada da vida compreende degraus que para alcançarmos necessitamos do auxílio de várias pessoas. Assim tenho muito a agradecer pela conquista de mais um degrau em minha história pessoal.

Primeiramente, agradeço a Deus, por tudo que me proporciona, a meus pais e ao meu irmão pelo apoio, incentivo e compreensão, a meus familiares que me encorajaram, auxiliaram e torceram pelo término desta etapa.

Agradeço à Universidade Federal do Paraná (UFPR), que através do Programa de Pós Graduação em Geologia, possibilitou a realização dessa meta intelectual; aos meus orientadores, Prof^a Dr^a Eleonora M. Gouvêa Vasconcellos e Prof. Dr. José Manoel dos Reis Neto, que auxiliaram, incentivaram e orientaram no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Departamento de Geologia da UFPR que por intermédio de seus funcionários (Sr. Daniel C. A. Paredes, Sr^a Rosalda F. de B. Xavier e Sr^a Sarita Pavin), proporcionou uma convivência muito agradável. A Prof^a Dr^a Cristina V. Dias, ao Prof^o MSc. Fernando Mancini, a Prof^a Dr^a Maria José M. de Mesquita e a Salla T. Eeva pelas sugestões e revisão da dissertação. Ao laboratório LAMIN (Laboratório de Laminação Petrográfica) que através do Sr. Adilson A. Dalagassa confeccionou as lâminas petrográficas empregadas no estudo; e em especial aos funcionários do LAMIR (Laboratório de Análise de Minerais e Rochas), que possibilitaram, assistiram e debateram as análises e o desenvolvimento deste trabalho.

Também quero agradecer a empresa Mineração Itapeva Ltda, que por meio de seus proprietários e funcionários me tratou de forma atenciosa e agradável todas as vezes que telefonei ou realizei trabalhos em campo.

Não poderia deixar de lembrar de meus amigos dessa última empreitada curitibana: Anelize M. Bahniuk, Camila Medina, Cristiane T. dos Santos, Douglas Piovesan, Eliane Petersohn, Elisiane R. Pescini, Fabiana Gallina, Francielle P. da Silva, Larissa Costa, Letícia H. da Silva Dias, Luciane Lemos Prado, Paola Falleiros e Rodrigo Secchi, a vocês a minha gratidão.

Por último quero deixar expresso um reconhecimento a todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram no término deste trabalho, quero que saibam que guardarei as lições que, consciente ou inconscientemente, vocês me deram.

Obrigada!!!

Eu terei a alma cheia de esperança e
sonhos belos, pois de simples grãos de
areia faço pontes e castelos.
(Maria Thereza Cavaleiro)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	01
1.1 – OBJETIVOS.....	02
1.2 – LOCALIZAÇÃO.....	02
1.2.1 – Principais Vias de Acesso.....	03
1.3 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	04
CAPÍTULO 2 – MÉTODOS DE TRABALHO.....	06
2.1 – PRIMEIRA ETAPA.....	06
2.2 – SEGUNDA ETAPA.....	08
2.3 – TERCEIRA ETAPA.....	08
2.3.1 – Análises Químicas.....	09
2.3.2 – Análises Mineralógicas.....	10
2.3.3 – Análises Tecnológicas.....	11
2.3.4 – Análise Granulométrica.....	12
2.3.5 – Análises Petrográficas.....	12
2.3.6 – Análises Estruturais.....	12
2.4 – QUARTA ETAPA.....	13
CAPÍTULO 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO.....	14
3.1 – BREVE HISTÓRICO.....	14
3.1.1 – Cartografia.....	16
3.1.2 – Grupo Itaiacoca.....	16
3.1.3 – Evolução Tectônica.....	18
3.2 – GEOLOGIA LOCAL.....	19
CAPÍTULO 4 – DADOS LOCAIS.....	22
4.1 – A MINERAÇÃO LOCAL.....	22
4.2 – EXPLORAÇÃO DE FILITO.....	23
4.2.1 – Produtos Comercializados.....	27
CAPÍTULO 5 – CERÂMICA.....	28
5.1 – CERÂMICA BRANCA.....	29
5.1.1 – Emprego do Filito Cerâmico.....	30
5.1.1.1 – Coração negro.....	32
5.1.1.2 – Fundente.....	33
5.1.1.3 – Cargas ou <i>Fillers</i>	34
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS.....	35
6.1 – GEOLOGIA DA REGIÃO EM ESTUDO.....	35
6.1.1 – Aspectos Estruturais e Morfológicos.....	37
6.2 – ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO.....	39

6.2.1 – Análise Estrutural.....	39
6.2.1.1 – Sistema dúctil.....	39
6.2.1.2 – Sistema rúptil.....	42
6.2.2 – Análise Petrográfica.....	45
6.2.2.1 – Fácies filito branco.....	48
6.2.2.2 – Fácies filito preto.....	51
6.2.2.3 – Fácies filito róseo.....	54
6.2.3 – Análise Química.....	55
6.2.4 – Análise Mineralógica.....	61
6.2.5 – Análise Tecnológicas.....	68
CAPÍTULO 7 – ASPECTOS PETROGENÉTICOS.....	74
7.1 – METAMORFISMO ATUANTE.....	74
7.2 – EVENTOS DEFORMACIONAIS ATUANTES.....	75
7.3 – DIFERENCIAÇÃO FACIOLÓGICA.....	76
7.3.1 – Teoria Baseada em Águas Metamórficas.....	77
7.3.2 – Teoria Baseada em Águas Superficiais.....	78
7.3.2.1 – Solubilidade mineral.....	80
7.3.2.2 – Processo de diferenciação.....	81
CAPÍTULO 8 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	86
ANEXO 1 – TABELA DE CORRELAÇÃO DE DADOS.....	93
ANEXO 2 – MAPA FACIOLÓGICO DA ÁREA.....	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 –	Mapa de localização do município de Itapeva-SP (IPT, 1998).....	03
FIGURA 1.2 –	Principais vias de acesso ao município de Itapeva-SP (CPRM, 1981).....	04
FIGURA 2.1 –	Fotoíndice das fotografias aéreas com representação aproximada da área analisada.....	07
FIGURA 2.2 –	Fotomontagem de reconhecimento da área em estudo, com representação da região analisada e localização da Mineração Itapeva Ltda.....	07
FIGURA 3.1 –	Unidades litoestratigráficas das porções sul paulista e leste paranaense, com representação da área estudada (modificado de STEVANATO 1998).....	19
FIGURA 4.1 –	Fotos da frente de lavra Rosário I e II da Mineração Itapeva Ltda.....	24
FIGURA 4.2 –	Beneficiamento do filito na Mineração Itapeva Ltda.....	25
FIGURA 6.1 –	Mapa geológico representativo da região em estudo (modificado de CPRM 1986).....	36
FIGURA 6.2 –	Modelo Digital de Elevação do Terreno, com sobreposição do mapa geológico e representação aproximada da Mineração Itapeva Ltda (baseado em IBGE 1975 e CPRM 1986).....	38
FIGURA 6.3 –	Representação em planta da área em um mapa de sombreamento com iluminação horizontal de 135° e vertical de 45° com representação aproximada da Mineração Itapeva Ltda (baseado em IBGE 1975).....	38
FIGURA 6.4 –	Foliação S_n com dobras abertas, suaves e eixos subhorizontais.....	40
FIGURA 6.5 –	Diagramas referentes às foliações totais da rocha em estudo.....	40
FIGURA 6.6 –	Diagramas referentes às foliações da fácies branca.....	41
FIGURA 6.7 –	Diagramas referentes às foliações da fácies preta.....	42
FIGURA 6.8 –	Diagramas referentes às foliações da fácies rósea.....	42
FIGURA 6.9 –	Foto de uma falha subvertical.....	43
FIGURA 6.10 –	Representação das falhas existentes.....	44
FIGURA 6.11 –	Diagramas de rosetas de todas as fraturas medidas na área.....	44
FIGURA 6.12 –	Diagrama de rosetas das fraturas correlacionadas à fácies branca.....	45
FIGURA 6.13 –	Diagramas de rosetas das fraturas existentes na área.....	45
FIGURA 6.14 –	Relação de ocorrência do material da fácies branca e da fácies preta do filito.....	46
FIGURA 6.15 –	Ocorrência do material da fácies branca e da fácies rósea do filito.....	46
FIGURA 6.16 –	Ocorrência de veios centimétricos de quartzo cortando a rocha.....	47
FIGURA 6.17 –	Foto mostrando o capeamento do filito pela Formação Furnas.....	48
FIGURA 6.18 –	Fácies branca.....	48

FIGURA 6.19 –	Porção de material de coloração branca com capeamento da Formação Furnas.....	49
FIGURA 6.20 –	Ocorrência do material de cor creme ao longo de fraturas da rocha da fácies de filito preto.....	49
FIGURA 6.21–	Porção cinza clara da fácies branca, evidenciando a alternância de níveis.....	50
FIGURA 6.22 –	Fotomicrografias em luz polarizada da fácies branca.....	51
FIGURA 6.23 –	Rocha pertencente à fácies preta.....	52
FIGURA 6.24 –	Relação existente entre as fácies preta e a branca.....	53
FIGURA 6.25 –	Fotomicrografias em luz polarizada da fácies preta.....	53
FIGURA 6.26 –	Porção de cor mais escura da fácies rósea.....	54
FIGURA 6.27 –	Fotomicrografias da fácies rósea.....	55
FIGURA 6.28 –	Diagrama de variação de SiO_2 em relação a Al_2O_3	58
FIGURA 6.29 –	Diagrama de variação de SiO_2 em relação a $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$	58
FIGURA 6.30 –	Diagrama de variação de Fe_2O_3 em relação P.F.....	59
FIGURA 6.31 –	Diagrama de variação de SiO_2 e Al_2O_3 para as porções que compõem a fácies branca.....	59
FIGURA 6.32 –	Diagrama triangular $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{x10-Fe}_2\text{O}_3\text{x10}$	60
FIGURA 6.33 –	Diagrama triangular $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{x10-P.F.x10}$	60
FIGURA 6.34 –	Difratogramas das fácies em estudo.....	62
FIGURA 6.35 –	Representação por correlação de difratogramas obtidos para a porção creme da fácies branca.....	63
FIGURA 6.36 –	Representação por correlação de difratogramas obtidos para a porção cinza clara da fácies branca.....	65
FIGURA 6.37 –	Representação por correlação dos difratogramas obtidos para a fácies preta.....	66
FIGURA 6.38 –	Representação por correlação dos difratogramas obtidos para a fácies rósea.....	66
FIGURA 6.39 –	Representação difratométrica de uma das amostras com clorita...	67
FIGURA 6.40 –	Representação difratométrica de uma das amostras com clorita...	68
FIGURA 6.41 –	Representação difratométrica de uma das amostras com clorita...	68
FIGURA 6.42 –	Curva de distribuição granulométrica do material pulverizado utilizado nas análises.....	70
FIGURA 6.43 –	Resultados obtidos no ensaio de cor de queima nas temperaturas 110°C, 700°C, 950°C e 1250°C.....	71
FIGURA 6.44 –	Comparativo das curvas de evolução da dilatação linear das fácies em estudo.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 –	PRINCIPAIS POTENCIAIS MINERAIS DA REGIÃO DE ITAPEVA (IPT 1998).....	23
TABELA 4.2 –	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FILITO (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005).....	26
TABELA 4.3 –	DADOS QUÍMICOS DO FILITO CERÂMICO EXPLORADO NA REGIÃO DE ITAPEVA-SP (PRÓ-MINÉRIO 1981).....	27
TABELA 5.1 –	DADOS QUÍMICOS DE FILITOS.....	31
TABELA 6.1 –	DADOS QUÍMICOS DA PORÇÃO CREME DA FÁCIES BRANCA.....	56
TABELA 6.2 –	DADOS QUÍMICOS DA PORÇÃO CINZA CLARA DA FÁCIES BRANCA.....	56
TABELA 6.3 –	DADOS QUÍMICOS DA FÁCIES PRETA.....	57
TABELA 6.4 –	DADOS QUÍMICOS DA FÁCIES RÓSEA.....	57
TABELA 6.5 –	DADOS GRANULOMÉTRICOS DO MATERIAL PULVERIZADO	69
TABELA 6.6 –	DADOS MÉDIOS DE RETRAÇÃO DO FILITO EM ESTUDO.....	71
TABELA 6.7 –	DADOS DILATOMÉTRICOS DO MATERIAL EM ESTUDO.....	73

RESUMO

O filito explorado na região de Itapeva-SP ocorre em depósitos metassedimentares de idade Proterozóica pertencentes ao Grupo Itaiacoca. Esses depósitos metassedimentares são capeados pela Formação Furnas, a qual se tornou um importante guia prospectivo para o material de maior valor comercial. Os depósitos de filito ocorrem na forma de bolsões interdigitados, diferenciados em razão de sua cor e separados em três fácies: a fácies branca, a qual compreende o material de cor creme, creme esverdeado e cinza claro, de maior valor comercial e que é principalmente comercializado para o emprego como fundente na produção de cerâmica branca; a fácies rósea, definida pelo material de cor rósea, vermelha e/ou roxa, que compõe a maior porcentagem da mineração e é comercializada em suas porções mais claras na forma beneficiada (moída e homogeneizada) para o emprego em ramos como de ração animal ou *fillers*; e a fácies preta onde o material possui cor cinza escuro e é apenas comercializado em suas frações mais claras após beneficiamento (moagem e homogeneização), associado a fácies rósea. A distinção entre as fácies não ocorre apenas pela sua cor, mas também por parâmetros físicos e químicos, representados pela variação dos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, Al_2O_3 , SiO_2 e perda ao fogo. Essa diferença no quimismo da rocha, ocasiona variação em parâmetros como grau de refratariedade e cor de queima, os quais são de extrema importância para o emprego industrial desse bem mineral. Foram realizadas análises químicas, mineralógicas, petrográficas e tecnológicas, visando à definição das principais diferenças existentes entre as fácies. Os dados analíticos, juntamente com as informações de campo, possibilitaram postular como possível diferenciação do material a ação de processos intempéricos, que através da atuação de águas superficiais, acarretaram por hidrólise, a mobilidade química de compostos das fácies rósea e preta originando o material da fácies branca.

Palavras-chave: filito branco, Itapeva-SP, fundente, fácies.

ABSTRACT

The phyllite explored in the region of Itapeva-SP occurs in the metasedimentary deposits of Proterozoic age that belong to the Itaiacoca Group. These metasedimentary deposits are concealed by the Furnas Formation, which became an important prospective guide for the material of higher commercial value. The phyllite deposits occur in the form of interdigital pods that are differentiated by color and occur in three facies: white facies, which comprises the material of cream, greenish cream and light gray color, possessing the highest commercial value and being mainly commercialized for the use as flux in the white ceramics production; pink facies, defined by the material of pink, red and/or purple color, which consists the largest percentage of the mining and which clearer portions are commercialized in their improved form (grounded and homogenized) for the use in purposes such as animal feed or as *fillers*; and black facies where the material possesses dark gray color and it is only commercialized in its clearer fractions after grinding and homogenization blended with pink facies. The distinction between the facies does not occur only by their color, but also by their physical and chemical parameters, represented by the variation of contents in $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, Al_2O_3 , SiO_2 and by the loss on ignition. This difference in the chemical characteristics of the rock causes variation in parameters such as degree of refraction and color of burning, which are of extreme importance for the industrial use of this mineral commodity. Chemical, mineralogical, petrographical and technological analyses were carried out aiming at the definition of the main existing differences between the facies. The analytical data together with the field information allowed to claim that a possible differentiation of the material is caused by the action of weathering processes, which through the water and subsequent hydrolysis caused the chemical modification of the pink and black facies, originating the material of the white facies.

Key-words: white phyllite, Itapeva-SP, flux, facies.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Os objetos de estudo deste trabalho são as análises química, mineralógica e tecnológica dos filitos formados em depósitos metassedimentares, de idade Proterozóica, do Grupo Itaiacoca na região de Itapeva-SP.

O material em estudo possui grande variação de cor, distinguindo-se em três fácies: branca, preta e rósea, formando bolsões que se interdigitam. Esta variação de cores do material demarca também alterações em suas características químicas, assim representando mudanças no destino ou motivo de lavra.

As propriedades físicas apresentadas por estes materiais, tais como alta plasticidade, boa resistência mecânica e cores claras após-queima, em especial da fácies branca, a temperaturas superiores a 1.000°C, têm grande relevância na lavra dos depósitos.

O material de cor creme ou creme esverdeado, encontrado na fácies branca, é o produto de melhor valor agregado comercialmente. É o que apresenta cor mais clara após a queima e é comercializado como substituto parcial das argilas brancas, caulins e feldspatos em massas de cerâmica branca, por tratar-se de um produto de menor custo e agir como fundente durante a queima.

A porção rósea, em suas tonalidades mais claras, após beneficiamento (moagem e homogeneização) e ensacamento, é comercializada para argamassa e ramos como os de produção de ração animal e *fillers* principalmente na indústria de tintas e selantes. Já o material da fácies preta possui uma comercialização muito difícil, sendo apenas aproveitado em suas porções mais claras, ao ser homogeneizado com a fácies rósea.

A ocorrência do material na forma de bolsões dificulta ou mesmo inviabiliza a lavra, tornando-se um dos principais problemas enfrentados pelos mineradores, a diferenciação faciológica e grande miscigenação das fácies torna difícil a exploração do material de maior valor comercial.

O trabalho aqui proposto objetiva a determinação da composição mineralógica e química do filito da região de Itapeva-SP, a fim de ampliar o conhecimento sobre os depósitos filíticos lavrados na região, determinando fatores que possivelmente tenham ocasionado a diferenciação faciológica observada e determinar qualidades favoráveis ao emprego do bem mineral.

O conhecimento das variedades faciológicas desse material permite a aplicação de novas tecnologias, otimizando e diminuindo os custos de lavra, agregando valor ao produto final.

1.1 – OBJETIVOS

O objetivo principal da pesquisa foi, por meio de estudos químicos, mineralógicos e físicos, definir a faciologia dos filitos da região de Itapeva-SP, e determinar propriedades tecnológicas, a possível gênese e formas de ocorrência deste material.

Para atingir este objetivo foi necessário:

- ❖ Buscar a definição da principal assembléia mineralógica da rocha;
- ❖ Definir as formas de ocorrência desse litotipo;
- ❖ Identificar as suas associações estratigráficas;
- ❖ Caracterizar as feições estruturais descritas na área.

1.2 – LOCALIZAÇÃO

Historicamente, quando o município de Itapeva é mencionado como uma região do Estado de São Paulo, cuja economia se destaca pela indústria mineral, faz-se referência às produções de filito branco e de “calcário”.

O município de Itapeva, que tem como *slogan* ser a capital dos minérios, localiza-se na porção sudoeste do Estado de São Paulo, entre as latitudes 23°34'S em sua porção norte e 24°18'S na porção sul, e longitude 48°33'W a oeste e 49°11'W a leste, tem aproximadamente 1.827 km² (Fig. 1.1). Dista aproximadamente 290 km de São Paulo capital, faz divisa territorial com os municípios de: Apiaí, Capão Bonito, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Guapiara, Itaberá, Itaí, Itararé, Nova Campina, Paranapanema, Ribeirão Branco e Taquarivaí (RODRIGUES e GALDINO 2002).

As frentes de lavra Rosário I e II da Mineração Itapeva Ltda, áreas utilizadas para os trabalhos em campo, possuem aproximadamente 468.750 m², situam-se na porção sudoeste do município de Itapeva-SP, entre as latitudes 24°00'S em sua porção norte e 24°03'25"S na porção sul, e longitude 48°56'23"W a oeste e

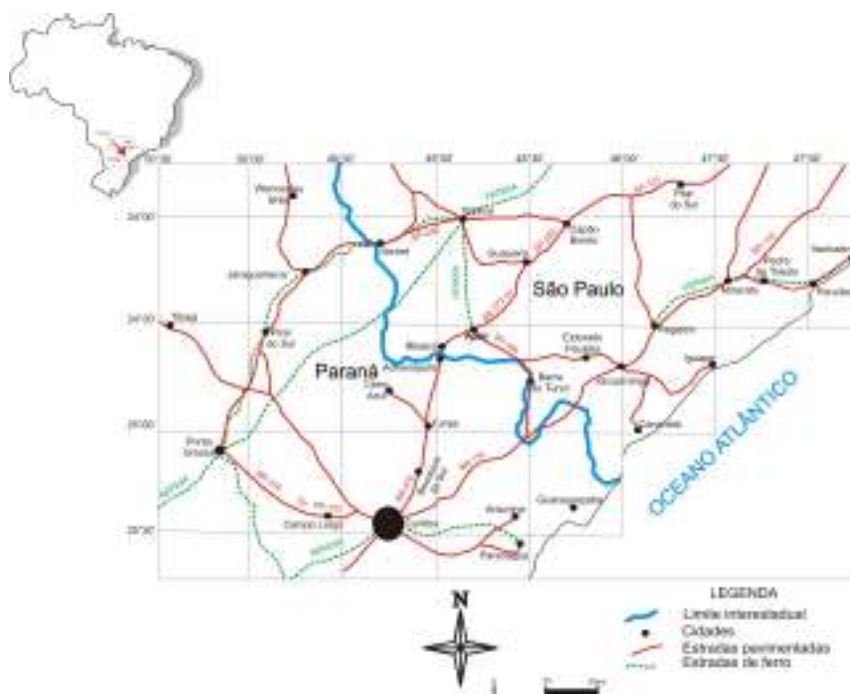


FIGURA 1.2 - Principais vias de acesso ao município de Itapeva-SP (CPRM 1981).

O acesso à área de estudo, partindo de Curitiba, é realizado pela BR 376 sentido à cidade de Ponta Grossa e a partir de Ponta Grossa pela PR 151, segue-se aos municípios de Castro, Piraí do Sul, Jaquariaíva e Sengés até chegar à divisa dos Estados de São Paulo e Paraná. Da divisa dos Estados segue-se pela SP 258 até o município de Itararé e deste para Itapeva (Fig. 1.2).

1.3– ASPECTOS FISIOGRAFICOS

O município de Itapeva está entre 684 e 720 m de altitude, com temperatura média anual de 20,3°C e precipitação pluviométrica da ordem de 1.467,5 mm/ano e a média da umidade relativa do ar de 76% (RODRIGUES e GALDINO 2002 e ALAMO TECNOLOGIA 2006).

Os rios que formam a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema drenam a região, onde se pode destacar como principais rios, o Apiaí Mirim, Apiaí Guaçu, Taquari Mirim, Taquari Guaçu, Pirituba e os ribeirões Fundo e do Leme (IPT 1998).

Os rios Taquari Mirim e Taquari Guaçu, que se encontram na margem esquerda da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, são os que em seus leitos apresentam os melhores afloramentos e as maiores lavras de filito.

A área de estudo encontra-se numa interface de duas grandes unidades geomorfológicas, a Depressão Periférica e o Planalto Atlântico, este inserido no Planalto de Guapiara.

A Depressão Periférica, área de ocorrência da Formação Furnas e do Grupo Itararé, corresponde a um relevo homogêneo, suavemente ondulado terminando em grandes escarpas que definem o contato dos litotipos da Bacia Sedimentar do Paraná com as rochas Proterozóicas. No Planalto Atlântico, onde ocorrem as rochas Proterozóicas, são definidas várias formas de relevo, com predomínio do relevo colino-montanoso (CPRM 1986).

CAPÍTULO 2 – MÉTODOS DE TRABALHO

Os procedimentos adotados para a realização deste estudo são divididos em quatro etapas. A primeira refere-se ao planejamento do trabalho e aquisição de informações bibliográficas e cartográficas sobre a região e o material em estudo. A etapa seguinte foi a de realização de trabalhos de campo, coleta e catalogação das amostras a serem analisadas. A terceira e quarta etapas compreenderam, respectivamente, a realização e interpretação das análises laboratoriais e a representação das informações obtidas. Todas as etapas foram acompanhadas de levantamento bibliográfico.

Os métodos empregados são descritos a seguir:

2.1 – PRIMEIRA ETAPA

O levantamento dos trabalhos bibliográficos disponíveis sobre o estudo proposto visou principalmente descrever a região do material em estudo, os aspectos estratigráficos, estruturais e a evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudoeste do Estado de São Paulo.

Dentre os mapas geológicos e topográficos pesquisados para a confecção das bases cartográficas, foram utilizados: a carta topográfica Ribeirão Branco (SG-22-X-B-II-1) do IBGE, de escala 1:50.000 de 1975, para a digitalização e confecção de um modelo digital de elevação (MDE). Também foi utilizada a carta geológica Guapiara, de escala 1:100.000, do Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira, CPRM (1981) e a carta geológica 1:50.000 do Projeto Engenheiro Maia-Ribeirão Branco, CPRM (1986) como base para a averiguação e correlação geológica da área.

Para a digitalização e georeferenciamento da carta topográfica e confecção do MDE da área utilizaram-se os programas: *AutoCad* e *Surfer 8* e para a reprodução dos mapas geológicos o programa de desenho *CorelDRAW*.

A partir de dez fotografias aéreas (escala 1:25.000) foi realizada a fotointerpretação da área, onde com o objetivo de separar zonas homólogas traçou-se a rede de drenagem, as quebras positivas e negativas, as lineações e alinhamentos, bem como estradas e caminhos existentes nas fotografias SP 13-45451, SP 13-45453, SP 14-45634 e SP 14-45636. Para a fotointerpretação da área

foram empregadas as fotografias aéreas da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (1973), de um voo realizado no mês de maio de 1973, de números SP 13-45450, SP 13-45451, SP 13-45452, SP 13-45453, SP 13-45454, SP 14-45633, SP 14-45634, SP 14-45635, SP 14-45636 e SP 14-45637 (Figs. 2.1 e 2.2).



FIGURA 2.1 – Fotoíndice das fotografias aéreas com representação aproximada da área analisada.



FIGURA 2.2 – Fotomontagem de reconhecimento da área em estudo, com representação da região analisada e localização da Mineração Itapeva Ltda.

Também foi realizado o levantamento de imagens de satélite da região em estudo (EMBRAPA 2005), com a finalidade de determinar a ocorrência de grandes estruturas geológicas.

2.2 – SEGUNDA ETAPA

As atividades desenvolvidas nesta etapa compreenderam as saídas de campo, coleta e catalogação das amostras.

Foram realizados quatro trabalhos de campo. O primeiro em novembro de 2003, visando o conhecimento estratigráfico e coleta do material de estudo, para posterior análise petrográfica.

A segunda fase de campo, realizada nos dias 10 e 11 de novembro de 2004, visou o reconhecimento regional e coleta de amostras nas frentes de lavra da Mineração Itapeva Ltda.

A terceira fase de campo ocorreu em fevereiro de 2005, e foram realizadas descrições litológicas e estruturais, além da coleta de amostras.

Durante o mês de maio de 2005 realizaram-se outras viagens ao município de Itapeva com a finalidade de se obter junto aos órgãos públicos informações sobre a exploração de filitos na região.

Na quarta fase de campo efetuou-se detalhamento da amostragem e levantamento geológico das frentes de lavra em estudo da Mineração Itapeva Ltda.

2.3 – TERCEIRA ETAPA

Esta etapa engloba o preparo do material destinado às análises e a realização dos procedimentos laboratoriais.

Os materiais destinados aos estudos foram previamente classificados e separados em fácies com amostragem das principais feições.

Para as análises químicas, mineralógicas e tecnológicas as amostras a serem analisadas foram inicialmente britadas, onde se empregou um britador de mandíbula, reduzindo o material a frações $< 1\text{cm}^3$, e posteriormente quarteadas.

O produto quarteado foi pulverizado com o auxílio de um moinho de panela vibratória, resultando aproximadamente 88,86 % do material final em partículas com granulometria igual ou inferior a 325 mesh, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas para dar continuidade aos processos analíticos.

As análises químicas, mineralógicas, tecnológicas e granulométrica foram realizadas no LAMIR (Laboratório de Análise de Minerais e Rochas), a confecção das lâminas petrográficas no LAMIN (Laboratório de Laminação Petrográfica) e as análises petrográficas no LAPEMIN (Laboratório de Petrologia e Mineralogia), pertencentes ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

2.3.1 – Análises Químicas

As análises químicas foram obtidas pelo método de fluorescência de raios X. Para estas análises as amostras foram secas, sendo que o material pulverizado foi colocado em estufa a uma temperatura superior a 70°C, por mais de 16 horas. Ao serem retiradas da estufa, as amostras foram colocadas no interior de um dessecador para esfriarem até a temperatura ambiente sem ocorrer absorção de umidade.

Posteriormente com o emprego de uma balança analítica de precisão, foram pesados em um cadinho de porcelana 2 g do material a ser analisado para o cálculo de perda ao fogo (P.F.) e 0,9 g do material e 9 g de tetraborato de lítio para a confecção da pérola analítica.

A perda ao fogo foi obtida em mufla com ciclo de queima de 3 horas a uma temperatura superior a 1.000°C.

A fusão do material e a confecção da pérola analítica foram realizadas com o emprego de cadinhos de platina em uma fusora *Claisse Flux 30*, em um programa de aproximadamente 15 minutos.

A leitura foi feita em um aparelho de fluorescência da marca *Philips*, modelo PW 2.400, com condições analíticas de: tubo de ródio (Rh), potência de 2.500 kV, na linha analítica “rocha geral”, por um tempo de aproximadamente 8 minutos para a leitura de cada amostra. A linha analítica “rocha geral” é composta por padrões internacionais das seguintes rochas: serpentinito, andesito, gabro, urtito, granito alcalino, basalto, riolito, rochas ultrabásicas e sienito.

Os resultados finais das análises químicas foram expressos em uma planilha *Excell* com as porcentagens quantitativas dos óxidos SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, MnO, P₂O₅ e perda ao fogo (P. F.).

2.3.2 – Análises mineralógicas

Estas análises foram feitas pelo método de difração de raios X, técnica que fornece informações sobre a estrutura mineralógica (cristalina) dos compostos analisados a partir das medidas de difração dos raios X em relação ao espaçamento dos planos cristalinos dos minerais, pois cada mineral possui um conjunto de medidas específicas de espaçamento de seus planos cristalográficos.

Para a realização desta análise foram utilizados dois métodos, um conhecido como técnica do esfregaço, baseado na compactação da amostra pulverizada que, com o auxílio de espátula, placas e lamínulas de vidro, foi moldada por pressão nas cápsulas analíticas do difratômetro.

O outro método empregado foi o de identificação de argilominerais, realizado a partir da separação das frações lamelar e granular da amostra. Esta separação foi alcançada através da desagregação em um agitador elétrico por aproximadamente 15 minutos de 20 g da amostra (material pulverizado) em 200 ml de água deionizada, acrescida a 0,2 g do dispersante químico pirofosfato de potássio. Utilizou-se um dispersante químico a fim de acelerar a separação das frações lamelar e granular do material, favorecendo a permanência da porção lamelar em suspensão e permitindo uma concentração deste material para a análise.

Após a desagregação a solução foi colocada em uma proveta, onde repousou por aproximadamente 24 horas, então pipetado da porção central da solução, a aproximadamente 5 cm da superfície, uma fração do material que foi distribuída sobre lamínulas de vidro no interior de uma placa de Petri.

As lamínulas imersas na solução foram deixadas em temperatura ambiente até secarem; para cada análise foram lidas no difratômetro três lamínulas, uma ao natural (após estar seca na temperatura ambiente), outra após a queima em mufla a 500°C por três horas, e a terceira analisada após a realização do tratamento com etilenoglicol.

O tratamento com etilenoglicol consiste no posicionamento da lamínula em um recipiente, adicionando uma pequena camada de etilenoglicol sobre a lamínula com material sedimentado e seco, descansando por 8 horas em temperatura ambiente antes da leitura.

O Procedimento de queima da lamínula a 500°C por três horas representa a eliminação das moléculas de água adsorvidas nos argilominerais, resultando na

redução da distância interplanar referente à direção (001), como exemplo de aplicação deste procedimento pode-se ressaltar o pico principal da montmorilonita e da vermiculita que é a 12 ou 14 Å e se desloca para 10 Å após a queima (ALBERS et al. 2002).

O tratamento com etilenoglicol baseia-se na capacidade de alguns argilominerais admitirem em suas estruturas a ocorrência de ligações com álcoois, e estes por suas vezes com água, assim aumentando a distância interplanar referente à direção (001). Como exemplo do aumento da distância interplanar, pode-se citar a variação do pico principal da montmorilonita, que passa de 12 ou 14 Å para aproximadamente 17 Å, podendo assim ser distinguida da vermiculita que mantém o seu pico em 14 Å (ALBERS et al. 2002).

O aparelho utilizado foi o Difratorômetro *PHILLIPS PW 1830*, sendo as condições analíticas: radiação $\text{CuK}\alpha$, 30mA, 40kV e goniômetro com velocidade de 2°/min e intervalo de ângulo de 3° 2 θ a 70° 2 θ para a leitura da técnica de esfregaço e da lamínula lida ao natural e intervalo de ângulo de 3° 2 θ a 30° 2 θ para a leitura das lamínulas tratadas com a queima a 500°C e submissão a etilenoglicol .

Os difratogramas foram interpretados nos *Softwares APD e IDENTIFY e Phillips*, versão 1997, com um banco de dados dos principais minerais existentes.

2.3.3 – Análises Tecnológicas

Para estas análises empregaram-se os procedimentos analíticos de confecção e análise de corpos de prova utilizados pelo Laboratório LAMIR na época da realização dos ensaios analíticos.

Aproximadamente 300g do material pulverizado, homogeneizado com água deionizada em um moinho de bolas, quando homogêneo, foi filtrado com auxílio de peneira de 80 mesh em um refratário de gesso, a fim de acelerar a perda de umidade, e quando adquiriu a consistência de ser moldado foram utilizados na confecção de corpos de prova.

Os corpos de prova são de duas dimensões, uma menor de aproximadamente 7 cm de comprimento e 1 cm de espessura e largura para o ensaio de dilatação e corpos maiores com 12,5 cm de comprimento, 2 cm de

largura e 1 cm de espessura empregados nas análises de retração linear e cor de queima.

Todos os corpos de prova foram secos em estufa à temperatura de aproximadamente 70°C.

Os corpos para dilatometria foram queimados a 1.000°C e submetidos à análise no dilatômetro resultando em gráficos com o ponto de amolecimento médio e final do material.

Os corpos de prova destinados ao ensaio de retração linear e cor de queima foram queimados em mufla em ciclos de três horas com temperaturas máximas de 700°C, 950°C e 1.250°C.

2.3.4 – Análise Granulométrica

Esta análise foi realizada com a finalidade de definir a granulometria do material após a pulverização, obtendo um maior domínio sobre os processos das análises químicas, mineralógicas e tecnológicas empregadas sobre o material pulverizado. Utilizou-se a técnica da granulometria a laser, procedimento realizado no granulômetro a laser da marca CILAS 1064 existente no LAMIR, em procedimento em suspensão aquosa.

A análise resultou uma tabela com as porcentagens e dimensões granulométricas e um gráfico da distribuição granulométrica do material.

2.3.5 – Análises Petrográficas

As lâminas petrográficas confeccionadas foram descritas no LAPEMIN, buscando definir as características faciológicas (paragênese mineral, feições estruturais e aspectos petrográficos). Análises realizadas com microscópio petrográfico de luz transmitida (*Olympus BX60*) e sistema de captura e tratamento de imagens acoplado ao microscópio.

2.3.6 – Análises Estruturais

Foram medidas a foliação principal S_n (clivagem ardosiária), S_{n+1} (clivagem de crenulação) e estruturas rúpteis existentes na área (falhas e fraturas).

2.4 – QUARTA ETAPA

Etapa referente às interpretações das análises realizadas, correlação e representação das informações obtidas.

Os dados estruturais foram tratados com o emprego do programa *Excel* e interpretados no programa *Stereonet* (versão 3.03) para a obtenção dos diagramas estruturais (roseta, de contorno de máximos pólos e *Schmidt Lambert*-hemisfério inferior) posteriormente relacionados e comparados com as informações estruturais da fotointerpretação e da bibliografia.

As informações químicas foram trabalhadas em gráficos de dispersão e triangulares, a fim de se observar as variações de quimismo da rocha; estes dados foram relacionados às informações mineralógicas e tecnológicas, buscando definir as condições físico-químicas da formação do litotipo, diferenciação faciológica e caracterização dos parâmetros determinantes ao emprego dessa rocha.

CAPÍTULO 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 – BREVE HISTÓRICO

O reconhecimento dos bens minerais do sudoeste paulista e norte paranaense despertou interesse desde o período colonial, porém, de acordo com MELCHER et al. (1973), a partir do século XIX inúmeros trabalhos de investigação geológica foram realizados na região do Vale do Rio Ribeira de Iguape e arredores.

Historicamente são de SILVA e ANDRADE (1805) apud CAMPANHA (1991) as primeiras referências sobre a geologia do Vale do Rio Ribeira de Iguape, e de DERBY (1898) apud HASUI et al. (1969) a primeira síntese dos estudos geológicos realizados na região. Entretanto estas expedições, na maioria das vezes, voltaram-se para aspectos locais de prospecção mineral ou de investigações científicas de correlação estratigráfica e estrutural dos litotipos (MELCHER et al. 1973).

A continuidade dos estudos do Pré-Cambriano do norte paranaense e sul paulista deram-se pela definição de OLIVEIRA (1916, 1925 e 1927) apud CAMPANHA (1991) da Série Açungui para as rochas descritas ao norte do Estado do Paraná e por MORAES REGO em 1933 apud CAMPANHA (1991) de Série São Roque para todas as rochas epimetamórficas estudadas próximas à cidade de São Paulo. As séries Açungui e São Roque, agrupadas por CARVALHO e PINTO (1937) apud CAMPANHA (1991) e MARTINS (1938) apud CAMPANHA (1991) com a nomenclatura Açungui, por serem consideradas contínuas ao longo do Vale do Rio Ribeira de Iguape. De uma forma não generalizada durante anos os trabalhos seguintes adotaram a terminologia Açungui para a porção paulista.

Durante a década de 1960, a nomenclatura de Série São Roque foi abandonada, sendo em 1969 retomada, agora utilizada como Grupo para os metassedimentos existentes ao norte da falha do Taxaquara, porção nordeste do Estado de São Paulo (HASUI et al. 1969 e HASUI e SADOWSKI 1976).

O termo Itaiacoca surgiu com ALMEIDA (1956, 1957) para caracterizar uma unidade litológica onde haviam sido descritas estruturas estromatolíticas de algas pertencentes ao gênero *Collenia itapevensis* em rochas metacarbonáticas do sudoeste paulista e nordeste paranaense. ALMEIDA (1957) defendeu a generalização da nomenclatura Açungui para as rochas pré-cambrianas dos estados de São Paulo e Paraná, em razão de acreditar numa continuidade geográfica das

rochas paulistas para o Estado do Paraná. Porém, tal proposta não foi aceita com unanimidade.

No final da década de 1960 e início da de 1970 foram muitas as evoluções de estudos geológicos na porção nordeste do Estado do Paraná e sul-sudoeste de São Paulo. A grande dificuldade de correlação estratigráfica da região está representada pelas várias colunas estratigráficas publicadas nesse período.

Em especial nas últimas décadas as seqüências pré-cambrianas paulistas e paranaenses foram relacionadas a inúmeros esquemas estruturais e estratigráficos, originando várias denominações para as sucessões litológicas da região.

Coube a HASUI et al. (1984) a reorganização de toda a estratigrafia da região do Vale do Ribeira paulista e paranaense. HASUI et al. (1984) consideraram a existência de uma extensa faixa de embasamento (migmatitos, gnaisses, granulitos), depósitos metassedimentares intercalados a depósitos metavulcânicos e três faixas metassedimentares: a noroeste o Grupo Itaiacoca, a sudeste o Grupo Capiçu, e a porção central ao Grupo Açungui, além das intrusões graníticas e dos depósitos sedimentares e vulcano-sedimentares do final do Proterozóico e início do Cambro-Ordoviciano da região.

CHIODI FILHO (1984) realizou uma síntese dos dados até então publicados sobre as regiões sul-paulista e leste paranaense, buscando correlacionar as informações descritas para a região e organizar o conhecimento geológico da área.

A partir da década de 1970 a comunidade geológica passou a designar com maior intensidade de Formação Itaiacoca todas as litologias aflorantes na faixa de metassedimentos da porção sudoeste de São Paulo (SOUZA 1990).

De acordo com SOUZA (1990) o termo Grupo Itaiacoca foi primeiramente utilizado pelo IPT em 1985 para designar as unidades litológicas com características próprias, que até então eram agrupadas na Formação Itaiacoca do Grupo Açungui.

Desde a década de 1990 até a atualidade, são vários os trabalhos desenvolvidos para aprimorar os conhecimentos em relação ao Grupo Itaiacoca, em especial das porções onde se lavram bens minerais como talco e rochas carbonatadas.

3.1.1 – Cartografia

O histórico da evolução da cartografia geológica paulista, de acordo com PETRI e FULFARO (1967) e HASUI et al. (1969), inicia com Guilherme Florence e Joviano Pacheco que elaboraram, em 1929, o primeiro mapa do Estado de São Paulo na escala 1:2.000.000. Neste mapa foram agrupadas em uma única unidade geológica arqueana todas as rochas cristalinas.

Em 1944 Fernando de Almeida publicou na escala 1:200.000 um esboço geológico para a região (PETRI e FULFARO 1967). O Instituto Geográfico e Geológico publicou em 1947 a primeira carta do Estado de São Paulo ao milionésimo, sendo que em 1963 este mesmo instituto fez uma nova edição dessa carta, demarcada por uma precariedade do conhecimento geológico do Pré-Cambriano do Estado (HASUI et al. 1969).

Nas décadas de 1960 e 1970 foram efetuados vários levantamentos cartográficos que resultaram em mapas de escalas variadas (1:50.000 e 1:100.000), realizados por projetos como: Comissão da Carta Geológica do Paraná, Projeto Ribeira realizado pelo PROTEC (Projetos Técnicos e Obras de Engenharia LTDA) para o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Projeto Leste Paraná (CPRM/DNPM) e Projeto Integração e Detalhe no Vale do Ribeira (CPRM/DNPM) (MELCHER et al. 1973 e TREIN et al. 1985).

Nos anos de 1974, 1978 e 1979 o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) apud IPT (1981) publicou mapas geológicos do Brasil ao milionésimo, abrangendo o Estado de São Paulo e representando uma evolução tanto cartográfica como conceitual dos dados geológicos, em especial em seus aspectos estruturais. Após, seguiram-se várias publicações cartográficas de caráter geológico com escalas e enfoques diversos.

3.1.2 – Grupo Itaiacoca

O Grupo Itaiacoca compreende uma faixa de rochas supracrustais, limitada pelos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, com uma direção geral NE-SW. Essa unidade litoestratigráfica, também conhecida como Faixa Itaiacoca, aflora a SW sob as rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná, na região de Itaiacoca-PR e desaparece sob a mesma bacia sedimentar nas proximidades do

município de Itapeva-SP (THEODOROVICZ et al. 1988, REIS NETO 1994 e SALLUN FILHO et al. 2005).

A designação destas rochas como Grupo deu-se em razão de suas peculiaridades litológicas e seu isolamento físico. Com base em características petrográficas, como a presença de estruturas estromatolíticas, geoquímicas, isotópicas e a correlação ao Grupo Açungui, admite-se como idade de formação para o Grupo Itaiacoca o Mesoproterozóico-Neoproterozóico (FAIRCHILD 1977 apud THEODOROVICZ et al. 1988, REIS NETO 1994 e SIGA JÚNIOR et al. 2003).

Os litotipos pertencentes ao Grupo Itaiacoca englobam rochas de natureza clasto-químicas, sedimentos de derivação vulcânica e rochas vulcânicas de composição ácida a ultrabásica. O magmatismo observado é bimodal, com ocorrência de magmas toleíticos e alcalinos que associados a uma expressiva quantidade de rochas carbonáticas (muitas vezes estromatolíticas), definem como provável condição de formação um ambiente continental plataformar. A grande complexidade estrutural, falhas e zonas de cisalhamentos, dificultam a reconstituição paleogeográfica e demarcam o caráter tectônico dos contatos litológicos (THEODOROVICZ et al. 1988 e SALLUN FILHO et al. 2005).

A unidade química-pelítica, na qual estão inseridos os depósitos metassedimentares da região de Itapeva-SP, compreende uma interdigitação de rochas de natureza clasto-química composta por metapelitos, metachert, metapsamitos, metacalcários dolomíticos e/ou calcíticos que podem ter estruturas estromatolíticas. Esses litotipos, sempre muito finos e incipientemente metamorfizados, geralmente aparecem associados em seqüências marcadas por bandamento rítmico que possivelmente corresponde ao acamamento reliquiar (THEODOROVICZ et al. 1988).

As unidades pré-cambrianas, dentre elas o Grupo Itaiacoca, encontram-se intensamente deformadas. De acordo com SZABÓ et al. (2006) no Grupo Itaiacoca pode se reconhecer quatro eventos metamórficos, o primeiro marcado por um metamorfismo regional, de idade neoproterozóica, correspondente ao Ciclo Tectônico Brasileiro. O grau metamórfico deste primeiro evento é relacionado à fácies xisto verde, com predomínio da zona da clorita, podendo em porções localizadas ter atingido a zona da biotita.

O segundo e terceiro processo metamórfico registrados no Grupo Itaiacoca também são correlacionados ao Neoproterozóico, um concentrado na borda noroeste do Grupo e relacionado aos processos hidrotermais ocorridos no contato com o Complexo Granítico do Cunhaporanga, e outro evento metamórfico corresponde a um metamorfismo dinâmico acompanhado de intensa atividade hidrotermal que ocorreu ao longo das ramificações da zona de cisalhamento do Itapirapuã. Datando do Cretáceo, tem-se o registro de um quarto evento metamórfico, com abrangência reduzida relacionado aos processos intrusivos ígneos do Arco de Ponta Grossa. Estes três últimos processos metamórficos caracterizam-se por serem incipientes, localizados e de baixo grau (SZABÓ et al. 2006).

Como indícios da deformação ocorrida na região têm-se o desenvolvimento de dobras isoclinais de caráter aberto, grande espessamento apical e formação de uma clivagem ardosiana (S_1), subparalela ao acamamento (S_n), normalmente marcada pela orientação dos filossilicatos presentes na rocha. Um segundo processo deformacional caracterizado pela ocorrência de clivagem de crenulação (S_2), subparalela à S_1 , com plano axial subvertical e caráter heterogêneo. A terceira fase de deformação é pouco penetrativa e observada localmente na forma de clivagem de crenulação (S_3), mais espaçada e normalmente cruzada à S_2 (THEODOROVICZ et al. 1988, SIGA JÚNIOR et al. 2003 e SZABÓ et al. 2006).

3.1.3 – Evolução Tectônica

O Pré-Cambriano paulista e paranaense caracteriza-se como domínio de atuação da orogênese do Ciclo Tectônico Brasileiro, desenvolvida no final do Pré-Cambriano e início do Eo-Paleozóico, domínio denominado de Cinturão Ribeira (MELCHER et al. 1973, HASUI et al. 1980, REIS NETO 1994 e PASSARELLI et al. 2004).

Dentro do Cinturão Ribeira os terrenos do Grupo Itaiacoca fazem parte da Faixa de Dobramentos Apiaí (HASUI e OLIVEIRA 1984 e CAMPANHA et al. 1987). A Faixa de Dobramentos Apiaí, do ponto de vista tectônico, limita-se geralmente por meio de extensas falhas transcorrentes, a sudeste com o Maciço Curitiba, a leste com os terrenos de médio e alto grau metamórfico do Proterozóico Médio e em sua porção nordeste com a Faixa São Roque (SOUZA 1990).

Os litotipos constituintes da Faixa Apiaí possuem contatos litológicos e superfícies tectônicas com orientação geral NE-SW, provindos de um metamorfismo regional variando da fácies xisto verde na porção ocidental, onde é composta pelo Grupo Itaiacoca, até fácies anfibolito na porção sudeste formada pelo Grupo Setuva (SOUZA 1990).

Também existe uma extensa rede de falhas transcorrentes (Lancinha, Morro Agudo, Ribeira, Itapirapuã, etc.), que geralmente delimitam as diferentes unidades litoestratigráficas desta Faixa, falhas estas dispostas regionalmente em padrão anastomosado, com direção preferencial para NE, NS e EW (SOUZA 1990).

3.2 – GEOLOGIA LOCAL

O Município de Itapeva está inserido, em suas porções sul e sudeste, em terrenos proterozóicos a cambrianos (Fig. 3.1). Estes terrenos associam-se a unidades mais jovens que correspondem às rochas sedimentares devonianas e permo-carboníferas da Bacia Sedimentar do Paraná. Diques básicos de idade juro-cretácea cortam intensamente a região. Coberturas sedimentares inconsolidadas do Quaternário ocorrem sobrepostas (IPT 1998).

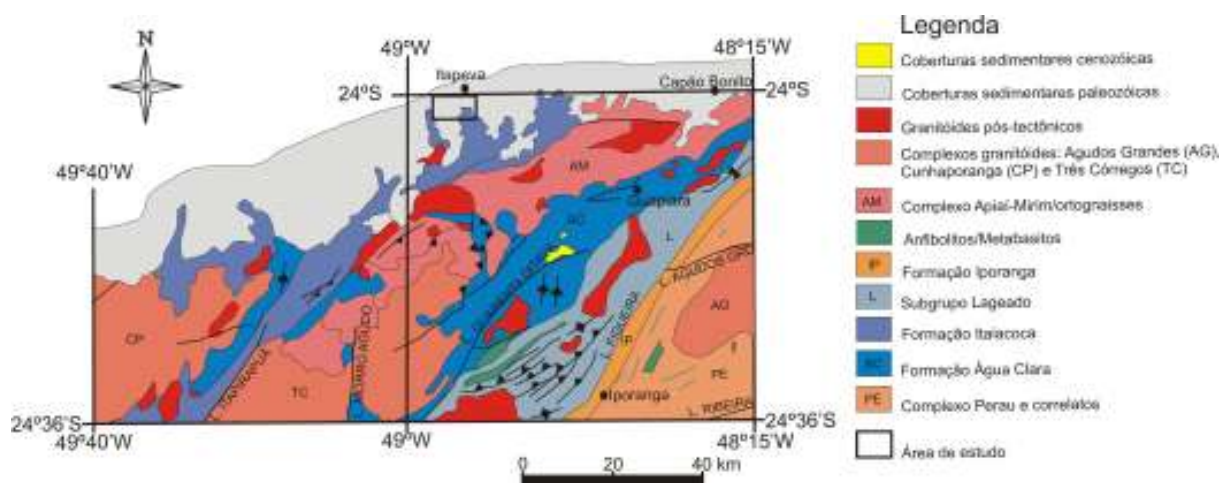


FIGURA 3.1 – Unidades litoestratigráficas das porções sul paulista e leste paranaense, com representação da área estudada (modificado de STEVANATO 1998).

As rochas proterozóicas existentes na região são metapelitos pertencentes ao Grupo Itaiacoca e maciços graníticos que afloram na porção sul e sudeste.

O Grupo Itaiacoca na região pode ser definido como área de predomínio dos depósitos metapelíticos, em especial de rochas filíticas e metacarbonáticas.

O padrão estrutural do Grupo Itaiacoca é relativamente simples, com predomínio da direção NW, grandes dobras abertas de planos axiais empinados e eixos sub-horizontais nas camadas de quartzitos e metacarbonatos e dobras isoclinais cerradas nos metapelitos, resultantes do metamorfismo incipiente e de baixo grau que atuou na região (CAMPANHA et al. 1987).

Os corpos graníticos fazem parte do Complexo Granítico Três Córregos. Este Complexo estende-se numa direção NE-SW desde a região de Três Córregos-Itaiacoca (PR) até a região sul do município de Capão Bonito (SP), com idade de aproximadamente de 630 Ma (PRAZERES FILHO 2000 e SIGA JÚNIOR et al. 2003).

As rochas pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná são representadas pela Formação Furnas e pelo Grupo Itararé.

A Formação Furnas representa o início da sedimentação da Bacia Sedimentar do Paraná no Estado de São Paulo, consiste de seqüências de idade devoniana do Grupo Paraná. É predominantemente composta por depósitos interpretados como provenientes de ambiente continental, gerado por sistemas fluviais e leques aluvionais que, na porção do topo, gradam para um ambiente transicional e marinho costeiro, com depósitos siliciclásticos de arenitos que podem chegar até 200 m de espessura, normalmente de coloração esbranquiçada, por vezes arcóseos, com grãos pouco selecionados, de granulação média a muito grossa e matriz caulínica. Localmente podem ocorrer intercalações de camadas delgadas de material argiloso, siltico, micáceo ou de arenito fino. Conglomerados com até pouco mais de um metro de espessura, estratificações plano-paralelas, cruzadas e de marcas onduladas são comuns na base dessa Formação (MELCHER et al. 1973, TREIN 1987, IPT 1998 e CABRAL JUNIOR et al. 2001).

Na maior parte de sua ocorrência, na região de Itapeva, a Formação Furnas encontra-se predominantemente mergulhando para NW, com camadas de até 250 m de espessura, as quais tendem a ser menos espessas na porção sul do município. A Formação Furnas está em discordância angular diretamente sobre o peneplano definido pelas rochas pré-devonianas, formando escarpas abruptas com dezenas de metros de desnível, onde localmente observa-se a presença de conglomerados basais (ALMEIDA 1944 e MELCHER et al. 1973).

Sobrepondo a Formação Furnas ocorre o Grupo Itararé, o qual tem idade permo-carbonífera (290-250 Ma), é constituído por rochas de origens e características variadas, normalmente separado por discordância, sobre as unidades proterozóicas ou a Formação Furnas. O Grupo Itararé no Estado de São Paulo compreende principalmente sedimentos clásticos, onde predominam os depósitos de arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos e diamictitos de ambiente marinho, com forte influência glacial (TREIN 1987, IPT 1998 e CABRAL JUNIOR et al. 2001).

Cortando discordantemente os litotipos regionais, ocorrem diques intrusivos básicos de disposição preferencial NW-SE, pertencentes à Formação Serra Geral. Os diques são formados por rochas de idade juro-cretácea que podem atingir dezenas de quilômetros de comprimento e dezenas de metros de espessura, são mais comuns ao sul e sudeste do município de Itapeva e geralmente afloram na forma de blocos arredondados com alteração esferoidal e no contato com suas encaixantes podem ocasionar epidotização (CPRM 1986 e IPT 1998).

Os depósitos quaternários ocorrem em pequenas planícies e nos vales das maiores drenagens da região.

CAPÍTULO 4 – DADOS LOCAIS

4.1 – A MINERAÇÃO LOCAL

As regiões sul e sudoeste do Estado de São Paulo correspondem, graças à sua evolução geológica e morfológica, a uma porção do Estado com grande variedade de bens minerais explotáveis. Entretanto a região sudoeste, onde está inserido o município de Itapeva, é tida como a porção de menor desenvolvimento do Estado de São Paulo, não dispondo de uma economia estruturada, tendo como principais setores econômicos a mineração e a agricultura.

O município de Itapeva, cujo nome deriva do tupi-guarani, “ita-peba”, e quer dizer pedra plana ou lajeada, foi fundado em 1769 a partir de uma aldeia de tropeiros (IBGE 2006). Os principais setores econômicos de Itapeva são a agricultura multicultural, a mineração, que desenvolveu-se a partir da década de 1940, tornando a cidade um pólo de mineração na região, e após o final da década de 1970 a silvicultura com o plantio de pinheiros e eucaliptos (RODRIGUES e GALDINO 2002 e IBGE 2006).

Dentro da grande favorabilidade mineral, o município de Itapeva destaca-se por seu potencial em relação aos minerais industriais (argilas, areais, britas, rochas carbonatadas e filito).

Os minerais industriais são recursos aplicados diretamente pelas indústrias, graças às suas qualidades físicas e químicas. Nas últimas décadas este ramo mineral teve grande crescimento mercadológico, de acordo com DNPM (2005) a produção paulista de minerais industriais correspondeu a 9,49% da produção federal, estando São Paulo na quarta colocação dentre os estados brasileiros. Com relação específica à produção de filito, a região de Itapeva registra 72% das reservas do Estado de São Paulo.

Na Tabela 4.1 encontram-se, de forma resumida, as principais variedades de bens minerais explorados na região de Itapeva.

O setor mineral itapevense divide-se em empreendimentos de diferentes magnitudes, desde as pequenas olarias que produzem de forma rudimentar seus artefatos até as minerações e indústrias de médio a grande porte que têm tecnologia e equipamentos desenvolvidos para otimizar suas produções.

TABELA 4.1 – PRINCIPAIS POTENCIAIS MINERAIS DA REGIÃO DE ITAPEVA (IPT 1998)

EXEMPLOS DE POTENCIAIS MINERAIS DA REGIÃO DE ITAPEVA	
Bem Mineral	Ocorrência
Filito	Na forma de níveis nos horizontes pelíticos do Grupo Itaiacoca
Calcário	Níveis de metacalcário nos horizontes carbonáticos do Grupo Itaiacoca
Quartzito	Níveis de quartzitos e metacherts nos horizontes psamíticos do Grupo Itaiacoca e Formação Água Clara
Caulim	Arcóseos da Formação Furnas e zonas de alteração de terrenos graníticos
Wollastonita	Zonas de contato entre granitos e horizontes carbonáticos da Formação Água Clara (escarnito)
Diopsídio	Zonas de contato entre granitos e horizontes carbonáticos da Formação Água Clara (escarnito)
Talco	Horizontes carbonáticos do Grupo Itaiacoca, e alteração nas calciossilicáticas e metaultramáficas do Grupo Itaiacoca e da Formação Água Clara
Fosfatos	Horizontes carbonáticos do Grupo Itaiacoca
Barita	Horizontes com associação de rochas meta-ígneas e metassedimentares da Formação Água Clara e do Grupo Itaiacoca
Areia	Maciços graníticos alterados, arenitos friáveis da Formação Furnas e aluviões em geral
Argila para cerâmica Vermelha	Horizontes pelíticos do Grupo Itararé e terraços aluvionares em geral
Brita	Horizontes metacalcários do Grupo Itaiacoca, maciços graníticos e diques máficos
Rochas ornamentais	Maciços graníticos, meta-ígneas da Formação Água Clara e do Grupo Itaiacoca, mármore da Formação Água Clara.
Metálicos	Cu-Au (escarnitos da Formação Água Clara); Pb-Zn (horizontes carbonáticos do Grupo Itaiacoca); Cu-Pb-Zn-Au-Ag (horizontes com associação de meta-ígneas e metassedimentares na Formação Água Clara e do Grupo Itaiacoca); Cu-Mo-W-Sn-Au (corpos e encaixantes próximas dos granitos circunscritos); Au (zonas de cisalhamentos e aluviões do embasamento cristalino); U-Cu-V (arenitos da Formação Furnas); ETR (conglomerados da base da Formação Furnas e eventuais fosforitos nos horizontes carbonáticos do Grupo Itaiacoca)

Em razão da sua localização, presença de vias pavimentadas e ferrovias, a região de Itapeva possui facilidade ao escoamento de suas produções para grandes centros consumidores de São Paulo capital, regiões do oeste paulista e pólos cerâmicos de Santa Catarina.

Outro fator importante no aspecto mineral do município de Itapeva e região é a existência do Colégio Técnico Paula Souza “Dr. Demetrio Azevedo Júnior”, que na sede de Itapeva oferece um curso técnico de nível médio em mineração, sendo um importante formador de mão de obra qualificada.

4.2 – EXPLORAÇÃO DE FILITO

De acordo com o IPT (1998) o setor mineral de exploração de filito encontra-se dividido em duas classes de empresas: a primeira agrupa empresas de médio a grande porte, que desfrutam de um estágio tecnológico desenvolvido ou em

ascensão, motivado principalmente pela demanda de novos segmentos do mercado consumidor, em especial da fração beneficiada do bem mineral. Esta classe de empresas busca tecnologia a fim de cumprir as exigências e especificações do controle de qualidade do bem mineral e dos padrões de proteção ambiental. A segunda classe de empresas agrupa as de pequeno porte, que atuam de maneira rudimentar, sem o emprego de aperfeiçoamentos tecnológicos.

Para a realização do trabalho em campo, como já relatado, foram escolhidas as frentes de lavra Rosário I e II da empresa Mineração Itapeva Ltda (Fig. 4.1), que se localizam na Estrada Municipal Luiz José Sguário, km 3, em terrenos escavados pelo rio Taquari-Mirim.



FIGURA 4.1 – Fotos da Frente de lavra Rosário I e II da Mineração Itapeva Ltda.

A mineração Itapeva é a empresa de maior porte regional na exploração de filito, possui quatro lavras em atividade no município de Itapeva, denominados de Rosário I, Rosário II, Rosário III e Taquari. Foi fundada em 03 de setembro de 1971, conta com um quadro de 100 funcionários diretos e mais de 400 indiretamente empregados, extrai aproximadamente 300.000 (trezentas mil) toneladas/ano de filito, material comercializado *in natura* ou na forma beneficiada (moído e ensacado) (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005).

O processo de lavra da empresa é de forma semi-mecanizada, onde se empregam equipamentos de porte médio. A lavra é a céu aberto, precedida pelo decapeamento da cobertura de solo e da Formação Furnas que sobrepõem o bem mineral. São lavradas bancadas que podem variar de 4 a 15 m de altura, onde o material é desagregado com o emprego de escavadeiras e retroescavadeiras. O material lavrado é armazenado e homogeneizado em pilhas próximas às frentes de

lavra ou é transportado até a unidade de beneficiamento (Fig. 4.2). Normalmente na lavra destes filitos a utilização de explosivos restringe-se apenas às porções muito compactas do minério ou de seu capeamento, onde a escarificação mecânica torna-se pouco produtiva (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005).



FIGURA 4.2 – Beneficiamento do filito na Mineração Itapeva Ltda.

O material lavrado, destinado aos pólos cerâmicos, é acondicionado em pilhas devidamente homogeneizadas e identificadas para seus compradores. O material, que será previamente beneficiado, é transportado até os barracões de beneficiamento, onde são realizadas as operações de homogeneização, britagem, moagem, secagem e ensacamento.

Quanto aos problemas ambientais nas lavras de filito têm-se como principal impacto à ocorrência de processos erosivos. Estes processos são influenciados pela natureza argilosa do material lavrado e dos métodos de desagregação utilizados na exploração do bem mineral. Neste caso, as principais medidas de controle e

prevenção empregadas pelos mineradores são: gerenciamento das drenagens e águas pluviais, e o planejamento das lavras.

Outros problemas ambientais referem-se ao impacto visual do decapeamento das frentes de lavra e da utilização de áreas já exploradas para o armazenamento dos rejeitos, e aos elevados teores de poeira em suspensão que se concentram nas lavras e barracões de beneficiamento do filito, principalmente em épocas de baixa umidade do ar.

As empresas que beneficiam o filito, visando o bem estar de seus funcionários, estão exigindo a utilização de EPI (equipamento de proteção individual) e nos períodos de baixa umidade do ar, estão empregando a distribuição do serviço diário, que normalmente é realizado em dois turnos, para três turnos. Outra medida que é constantemente empregada para reduzir o teor de poeira e aumentar a umidade do ar é a “irrigação” dos pátios da mineração.

O emprego e atualmente ampliação da exploração de filito na região de Itapeva deve-se, ao menor custo do filito frente a outros minerais industriais, e as suas características físicas e químicas muito úteis ao mercado consumidor. A Tabela 4.2 mostra as características físicas correlacionadas ao material lavrado pela Mineração Itapeva Ltda, no município de Itapeva, e a Tabela 4.3 apresenta a faixa de teores químicos normalmente obtidos para o material lavrado na região de Itapeva.

TABELA 4.2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO FILITO (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005)

CARACTERÍSTICAS DO FILITO COMERCIALIZADO PELA MINERAÇÃO ITAPEVA LTDA		
Umidade		≤10%
Expansão de prensagem		≤1,3%
Retração de secagem		≤ 0,0%
Retração de queima	Piso	3,5 a 6,5%
	Azulejo	3,0 a 6,0%
Cor de queima	Piso	branco a creme escuro
	Azulejo	creme escuro
Módulo de resistência a flexão a cru		≥1,0 Kgf/cm ²
Módulo de resistência a flexão a seco		≥ 4,0 kgf/cm ²
Módulo de resistência a flexão queimado	Piso	≥ 300 kgf/cm ²
	Azulejo	≥ 250kgf/cm ²
Absorção d'água	Piso	≤ 12,0%
	Azulejo	≤ 13,0%
Matéria orgânica		Presença

TABELA 4.3 – DADOS QUÍMICOS DO FILITO CERÂMICO EXPLORADO NA REGIÃO DE ITAPEVA-SP (PRÓ-MINÉRIO 1981)

COMPOSIÇÃO MÉDIA DO FILITO DA REGIÃO DE ITAPEVA-SP	
Composição	Faixa de teores (%)
SiO ₂	68,6 – 71,0
Al ₂ O ₃	12,2 – 14,9
K ₂ O	3,5 – 8,1
Fe ₂ O ₃	3,4 – 4,0
TiO ₂	0,5 – 1,5
CaO	0,2 – 0,3
P.F.	3,6 – 3,8

4.2.1 – Produtos Comercializados

Além do emprego no setor cerâmico, o filito explorado pela Mineração Itapeva Ltda é também comercializado através da nomenclatura “ITAGEO” e “PLASTGEO”.

O filito destinado ao comércio como “ITAGEO” é empregado como carga (*fillers*) de ração animal, adubos, sal mineral, borrachas e refratários. Este produto, após a britagem, homogeneização, secagem, é classificado de acordo com sua cor e então moído em moinhos de bolas, processado nas malhas 40, 60, 100, 200 e 325 mesh e ensacado (embalagem de 20 kg), ou acondicionado em *big bags* ou ainda vendido a granel (através do carregamento por silos) para as indústrias (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005).

Outro produto beneficiado, comercializado pela Mineração Itapeva Ltda, é o “PLASTGEO”, distribuído comercialmente como silicato de alumínio hidratado e comercializado para a construção civil, onde é empregado na argamassa em assentamentos, emboco e reboco, proporcionando plasticidade ao material e facilitando o acabamento. De acordo com os dados publicados pela Mineração Itapeva 2005, o “PLASTGEO” possui inúmeras vantagens para o seu emprego na construção civil, pois se trata de um material inerte perante os materiais metálicos. (MINERAÇÃO ITAPEVA 2005).

CAPÍTULO 5 – CERÂMICA

Cerâmica é o ramo dos artefatos industriais (porcelana técnica, artística e doméstica) obtidos geralmente a partir da moldagem de massas originadas pela mistura de minerais industriais, com o emprego de temperatura elevada (ABC 2002b).

A indústria ceramista é um dos mais dinâmicos setores da economia nacional. Emprega proporções variadas de matérias-primas (minerais e rochas), que juntas possibilitam a moldagem das peças cerâmicas e a permanência de suas formas após secagem ou queima. As peças cerâmicas, após secagem, são submetidas ao tratamento térmico (sinterização ou queima) em temperaturas elevadas, que na maioria dos produtos varia entre 800°C e 1700°C, entretanto esta temperatura deve ser bem controlada e suficiente para provocar a fusão parcial e vitrificação dos componentes menos refratários da massa e a cimentação das porções mais refratárias (MOREIRA 1994 e ABC 2002a).

O setor industrial cerâmico é muito diversificado, podendo ser dividido de acordo com o emprego dos seus produtos e/ou natureza de seus constituintes em segmentos como: a da cerâmica vermelha ou estrutural (tijolos, telhas, e manilha), a de materiais de revestimento (pisos, azulejos e pastilhas), a cerâmica branca (louça sanitária e doméstica, porcelana doméstica e técnica, azulejos e pastilhas) e o grupo utilizado na fabricação de materiais refratários (sílico-aluminosos) e isolantes térmicos (SANTOS 1992, MOTTA et al. 2001, ABC 2002a e ABC 2002b).

A temperatura de queima de cada classe de cerâmica varia de acordo com as matérias-primas empregadas, bem como o produto final desejado. A qualidade do produto final depende de vários fatores, dentre estes a composição da massa, o ciclo de queima e o controle da temperatura de fusão. As temperaturas médias empregadas na produção de ladrilhos e azulejos em cerâmica vermelha variam de 1.050°C a 1.350°C. Em ladrilhos e azulejos em cerâmica branca são de aproximadamente 1.200°C. Na confecção de louças sanitárias e domésticas emprega-se de 1.000°C a 1.450°C (MOREIRA 1994).

A lavra de bens minerais é regionalizada, pois é condicionada por aspectos geológicos (ocorrência do bem mineral) e influência da localização dos principais centros consumidores (pólos cerâmicos). O Brasil possui importantes jazidas de

minerais industriais, estando a produção e os principais pólos de consumo concentrados especialmente nas regiões sul e sudeste do país (TANNO e MOTTA 2000, ABC 2002b).

A cerâmica de revestimento é um dos mais importantes segmentos da indústria ceramista brasileira, a qual se classifica como sendo a quarta maior produtora mundial, atrás apenas da China, Espanha e Itália. O Brasil exporta para mais de 150 países; com base no ano de 2005 as vendas brasileiras foram principalmente para: América do Norte (48,43%), América do Sul (16,98%), América Central (15,10%), África (8,14%) e Europa (5,91%). Acompanhando a tendência mundial de crescimento da produção de revestimentos cerâmicos, o Brasil além do aumento na produção tem também se destacado pelo crescente consumo desta classe de cerâmica, classificando-se em 2005 como o segundo maior mercado consumidor do mundo (ABC 2006 e ANFACER 2006).

5.1 – CERÂMICA BRANCA

O ramo da cerâmica branca é muito diversificado, agrupa uma grande variedade de produtos (louça sanitária e doméstica, porcelana doméstica e técnica, azulejos e pastilhas) que apresentam cor clara (branca, rósea, creme ou cinza claro) quando queimados a 950°C, e cor branca, rósea, cinza ou creme em queimas a 1.250°C. Esta é a temperatura usual de queima da cerâmica branca de melhor qualidade. A busca por tons claros após a queima é para favorecer a aplicação dos vidrados que recobrem as peças cerâmicas (SOUZA e SANTOS 1964, MOTTA et al. 2001, ABC 2002b).

Também se qualificam como cerâmica branca os artefatos cerâmicos produzidos em outras temperaturas, como por exemplo, 1.450°C que é a temperatura na qual não se aplica o revestimento de vidrado. Nessas condições as argilas também devem queimar com cores claras, semelhantes às obtidas a 1.250°C, caso escureçam (cinza escuro ou marrom) ou haja fusão (formação de bolhas e/ou deformação dos corpos) não se pode utilizá-las na produção desta classe de cerâmica (SOUZA e SANTOS 1964).

A cor de queima referida acima é muito importante na escolha das matérias-primas de alguns ramos da cerâmica como o da porcelana doméstica e de revestimentos, onde preferencialmente aplicam-se vidrados transparentes; sendo

mais flexível no ramo de porcelanas sanitárias onde são utilizados vidrados opacos (brancos ou coloridos), propiciando uma ampliação nas ofertas de matérias-primas plásticas (ANGELERI 1966).

A cerâmica branca é classificada em vítrea, semi-vítrea e porosa, de acordo com o teor de absorção de água dos corpos cerâmicos. Produtos vítreos, que normalmente são relacionados à terminologia porcelana, é a nomenclatura dada para o material com absorção abaixo de 0,5% e queimados a temperaturas superiores a 1250°C; os produtos semi-vítrea, correlacionados aos grês, apresentam uma absorção de água entre 0,5 e 4%, geralmente queimados a temperaturas de aproximadamente 1250°C e os produtos porosos (faianças) que possuem absorção maior que 4% e temperaturas de fabricação inferiores a 1250°C (MOTTA et al. 2001 e ABC 2002a).

5.1.1 – Emprego do Filito Cerâmico

O filito cerâmico, também denominado leucofilito, filito branco ou apenas filito, é uma rocha metassedimentar muito fina constituída basicamente de sericita, caulinita e quartzo, que se apresenta na natureza com texturas e cores claras (cinza, branca, rósea). Os filitos possuem um conteúdo de álcalis da ordem de 7%, dando-lhes características fundentes, sendo rochas geralmente frágeis, friáveis e de fácil moagem. Devido à sua natureza química e mineralógica, o filito possui propriedades tanto dos materiais plásticos como dos não-plásticos, podendo desse modo compor até 50% de muitas massas cerâmicas do processo via úmida. A favorabilidade do uso desse material, ocorre sobretudo nas empresas que compõem o pólo cerâmico do Estado de São Paulo pela relativa abundância desse bem mineral na porção sudoeste do Estado (SOUZA e SANTOS 1964 e MOTTA et al. 1998).

Os filitos cerâmicos possuem cor rósea após a queima a 950°C e cor cinza com tonalidades esverdeadas após a queima a 1.250°C. Esta cor é um índice característico desses filitos, além da vitrificação total ou quase total que apresentam nesta temperatura, característica que os tornam úteis como fundente em cerâmica branca. A 1.450°C os filitos fundem, apresentando cor cinza escura e perda da forma original dos artefatos moldados, com o aparecimento de bolhas em seu interior. Os filitos mais ricos em ferro não têm uso cerâmico por queimarem a 1.250°C com cores escuras, quase negras. O teor de ferro admissível na cerâmica é

da ordem de 1,5% a 2%, acima disso normalmente aparecem cores muito escuras após a queima a 1.250°C, tornando-os inapropriáveis à cerâmica branca (SOUZA e SANTOS 1964).

Na atualidade o filito, após beneficiamento (moagem), está também sendo empregado como carga mineral em setores industriais como: argamassa, plastificante, ração animal, como pigmento, aglutinante ou absorvente de microtoxinas e em concretos especiais. Uma das vantagens no emprego do filito como carga mineral é que o seu valor agregado é muito inferior ao de outras cargas minerais, especialmente após algumas etapas de beneficiamento (MIYAHARA et al. 2002 e VALERA et al. 2002).

Esse material é usado predominantemente pelas indústrias de cerâmica branca de São Paulo e Santa Catarina, onde atua como substituto parcial das argilas brancas, caulins e feldspatos nas massas cerâmicas (RIBEIRO et al. 2000 e MIYAHARA et al. 2002). O filito da região de Itapeva-SP de acordo com os dados do DNPM (2005) divide o mercado com filitos provenientes de Campo Largo-PR e Igarapé-MG.

A aplicação de rochas filíticas se torna ampla no meio industrial em razão de sua granulação e poder de sinterização em baixa temperatura, entretanto estas rochas possuem grandes variações em suas características (ANGELERI et al. 1960 e RIBEIRO et al. 2000); no que se refere à composição química (Tab. 5.1) é grande o intervalo nos teores de Al_2O_3 , Fe_2O_3 e K_2O , o que ocasiona mudanças nos parâmetros físicos (retração, dilatação e absorção de água).

TABELA 5.1 – DADOS QUÍMICOS DE FILITOS

EXEMPLOS DE ANÁLISES QUÍMICAS COMPARATIVAS ENTRE FILITOS											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.F.
Filito cerâmico R ⁽¹⁾	68,34	1,47	17,93	2,43	0,73	<0,01	0,01	5,32	<0,01	0,05	3,71
Filito cerâmico P ⁽¹⁾	71,37	0,64	15,62	1,58	1,55	<0,01	0,01	5,32	<0,01	0,02	3,90
Filito Itapeva A ⁽²⁾	70,70	0,93	15,92	0,71	1,99	-----	0,02	5,60	0,06	-----	3,76
Filito Itapeva B ⁽²⁾	71,64	0,49	14,07	3,23	1,09	-----	0,01	3,82	0,01	-----	0,95
Filito Itapeva C ⁽²⁾	69,29	1,00	18,25	1,37	1,45	-----	0,01	4,85	0,24	-----	3,17
Filito cerâmico ⁽³⁾	57,70	0,80	28,20	0,50	0,60	-----	0,10	7,10	0,60	-----	4,40
Filito Açungui B1 ⁽⁴⁾	62,67	20,55	0,76	5,99	0,28	<0,01	0,08	4,34	0,17	0,08	5,10
Filito Açungui B2 ⁽⁴⁾	64,45	22,94	0,78	1,79	0,28	<0,01	0,04	5,19	0,20	0,04	4,14
Filito branco ⁽⁵⁾	77,67	0,54	12,10	1,13	1,70	0,01	0,02	4,47	0,08	0,01	2,28
Filito creme ⁽⁵⁾	69,30	0,59	16,35	1,95	2,36	0,01	0,02	5,83	0,06	0,01	3,52
Filito cinza ⁽⁵⁾	73,98	0,50	13,97	1,22	2,10	0,01	0,02	4,88	0,11	0,02	3,20

⁽¹⁾Fonseca et al. 1999, ⁽²⁾Ribeiro et al. 2000, ⁽³⁾Riella et al. 2002, ⁽⁴⁾Biondi e Marczyński 2004,

⁽⁵⁾Mineração Itapeva 2005.

A variação química existente nas matérias-primas pode ser fonte de imperfeições nos produtos cerâmicos finais. Um problema enfrentado pela variação nos teores químicos obtidos nos filitos é o coração negro.

5.1.1.1 – Coração negro

O coração negro é uma imperfeição associada à presença de compostos de carbono (matéria orgânica) e óxidos de ferro em algumas das matérias-primas. Trata-se de uma porção escura (geralmente cinza) que se estende paralelamente à superfície e próxima a meia altura da espessura, desaparecendo nas proximidades das bordas das peças (DAMIANI et al. 2001).

De acordo com DAMIANI et al. (2001), uma das principais reações responsáveis pelo desenvolvimento de corações negros é a ocorrência de carbonização ou pirólise na matéria orgânica, catalisadas pelo silicato de alumínio presente nos argilominerais. As elevadas capacidades redutoras do C e CO, produzidos pela reação (oxidação), provocam também a redução do ferro presente nas argilas. O ferro reduzido (Fe_3O_4 e FeO) apresenta coloração mais escura e é mais fundente do que no seu estado oxidado, de modo que a fusibilidade da massa na região em que o ferro está reduzido (coração negro) é maior do que no restante da peça, dificultando a saída dos gases liberados pelas reações ocorridas.

Para a formação do coração negro é imprescindível que o ferro seja reduzido e para isso é necessária a presença de C e CO em concentrações relativamente elevadas. Assim sendo, se o oxigênio presente na atmosfera conseguir infiltrar nos poros das peças cerâmicas durante a queima, chegando até o local da reação, praticamente toda a matéria orgânica presente na argila será transformada em CO_2 , a redução do ferro não ocorrerá e o coração negro não se formará (DAMIANI et al. 2001).

A ocorrência ou não de oxigênio na atmosfera do forno e assim no interior da peça durante a queima depende da permeabilidade da peça. Essa permeabilidade é regulada pela densidade aparente (quanto maior a densidade, menor a permeabilidade), umidade e compactação do material a ser queimado. Nos casos propícios à ocorrência de coração negro, deve-se controlar a densidade aparente das peças a serem queimadas (DAMIANI et al. 2001).

As condições de queima também influenciam na formação do coração negro. Quando se tem tendência à formação dessa imperfeição cerâmica deve-se procurar um ciclo de queima que possibilite a oxidação de toda a matéria orgânica, antes que a absorção de água diminua e dificulte a entrada de oxigênio e a saída de CO_2 e CO da peça cerâmica. A oxidação da matéria orgânica se dá entre 200°C e 500°C , portanto, sempre que possível deve-se projetar ciclos de queima que assegurem a completa oxidação da matéria orgânica, prolongando o estágio de pré-aquecimento (DAMIANI et al. 2001).

A tendência do aparecimento de coração negro é maior em casos de ciclos de queima muito rápidos e/ou fornos curtos, ou ainda, de acordo com a espessura das peças a serem queimadas. Quanto maior a espessura maior é a distância que o oxigênio terá de percorrer para oxidar a matéria orgânica situada no centro das peças e maior será a diferença de temperatura entre a superfície e o centro destes artefatos, representando uma favorabilidade à ocorrência de imperfeições nas peças (DAMIANI et al. 2001).

5.1.1.2 – Fundente

Fundentes são materiais que agem de forma a abaixar o ponto de fusão, compreendem principalmente compostos de Li, Na, K, Ca, Mg, B, Fe, Pb e F, de modo a adequar as características finais do produto (porosidade, contração linear e resistência mecânica) a um ciclo de queima industrial (MOREIRA 1994 e BORBA et al. 1996). Quando presentes em composições cerâmicas reduzem a temperatura de queima e a porosidade do produto, condições importantes na produção de cerâmica, pois reduz a absorção de água, aumenta a resistência mecânica, além de abaixar o custo dos produtos finais (ABC 2002b).

Como fundentes utilizados na indústria podem-se citar: feldspato potássico, albita, nefelina sienita, espodumênio, calcário, dolomito, barrilha (Na_2CO_3), bórax e fluorita, sendo a principal matéria-prima utilizada como fundente o feldspato (MOREIRA 1994). As indústrias brasileiras de cerâmica têm buscado alternativas para substituir o feldspato, dentre as opções pode-se citar o emprego do filito, ou a utilização de matérias-primas como pegmatitos, granitos e mais recentemente fonolito (AUMOND e SCHEIBE 1996 e ZANON et al. 2004).

A atuação de um fundente está relacionada à geração de fase líquida em resposta ao aumento da temperatura de queima dos corpos cerâmicos. Conforme a temperatura de queima e as fases líquidas vão progressivamente aumentando, tem-se uma diminuição da viscosidade atuante, os poros previamente existentes vão sendo preenchidos e o corpo se densifica, possibilitando a obtenção de características como resistência mecânica e redução de absorção de água nos produtos finais (FONSECA et al. 1999 e RIELLA et al. 2002).

5.1.1.3 – Cargas ou *fillers*

Fillers são os minerais, em geral não metálicos e reduzidos a granulação bem fina (pó), que são adicionados a outras matérias-primas, com as quais são quimicamente inertes, com o objetivo de reduzir o valor/peso do produto final e/ou transferir algumas de suas propriedades físicas à mistura. Os *fillers* são comumente usados na indústria de papel, plásticos, borrachas, tintas, inseticidas, selantes, cosméticos e produtos farmacêuticos (MOREIRA 1994).

O emprego dos *fillers* pode assumir importância na agregação, ao produto final, de características como: cor (brancura, brilho ou opacidade), densidade, resistência mecânica, dureza ou maciez, textura, resistência ao fogo, condutividade elétrica ou térmica, impermeabilidade e capacidade de absorção de óleos e tintas. Influi também nas propriedades como viscosidade, aspecto reológico e pH que podem ocasionar mudanças nos parâmetros (temperatura de fundição, teor de fluidez e/ou viscosidade) dos processos de fabricação (MOREIRA 1994).

CAPÍTULO 6 – RESULTADOS

Inicialmente serão apresentados os dados morfológicos e estruturais obtidos pela análise das morfoestruturas e fotointerpretação. Em seguida serão abordadas as informações referentes aos trabalhos de campo e os resultados das análises efetuadas em laboratório.

6.1 – GEOLOGIA DA REGIÃO EM ESTUDO

O reconhecimento geológico da região baseou-se em observações de campo e dados bibliográficos.

A análise estrutural e morfológica das fotografias aéreas, do modelo digital de elevação (MDE) e de cartas topográficas possibilitou um reconhecimento regional das principais frentes de lavra do filito branco no município de Itapeva-SP. O estudo foi realizado tendo como apoio a carta topográfica Ribeirão Branco do IBGE (1975) de escala 1:50.000, os mapas geológicos de escala 1:50.000 da CPRM (1986), 1:100.000 da CPRM (1981), a fotointerpretação na escala 1:25.000 e a análise de imagens de satélite de escala 1:50.000 e 1:100.000 da área.

Foram estudadas as estruturas rúpteis (falhas e fraturas), dúcteis (dobras e foliações), dentre outros aspectos geológicos atuantes na área. A Figura 6.1 foi elaborada de acordo com CPRM (1986) e demonstra as unidades geológicas aflorantes e a localização da Mineração Itapeva Ltda.

Os principais afloramentos dos filitos cerâmicos normalmente encontram-se associados às menores cotas topográficas e às maiores drenagens da região sudoeste do município de Itapeva, geralmente próximas à unidade estratigráfica da Formação Furnas (Fig. 6.1).

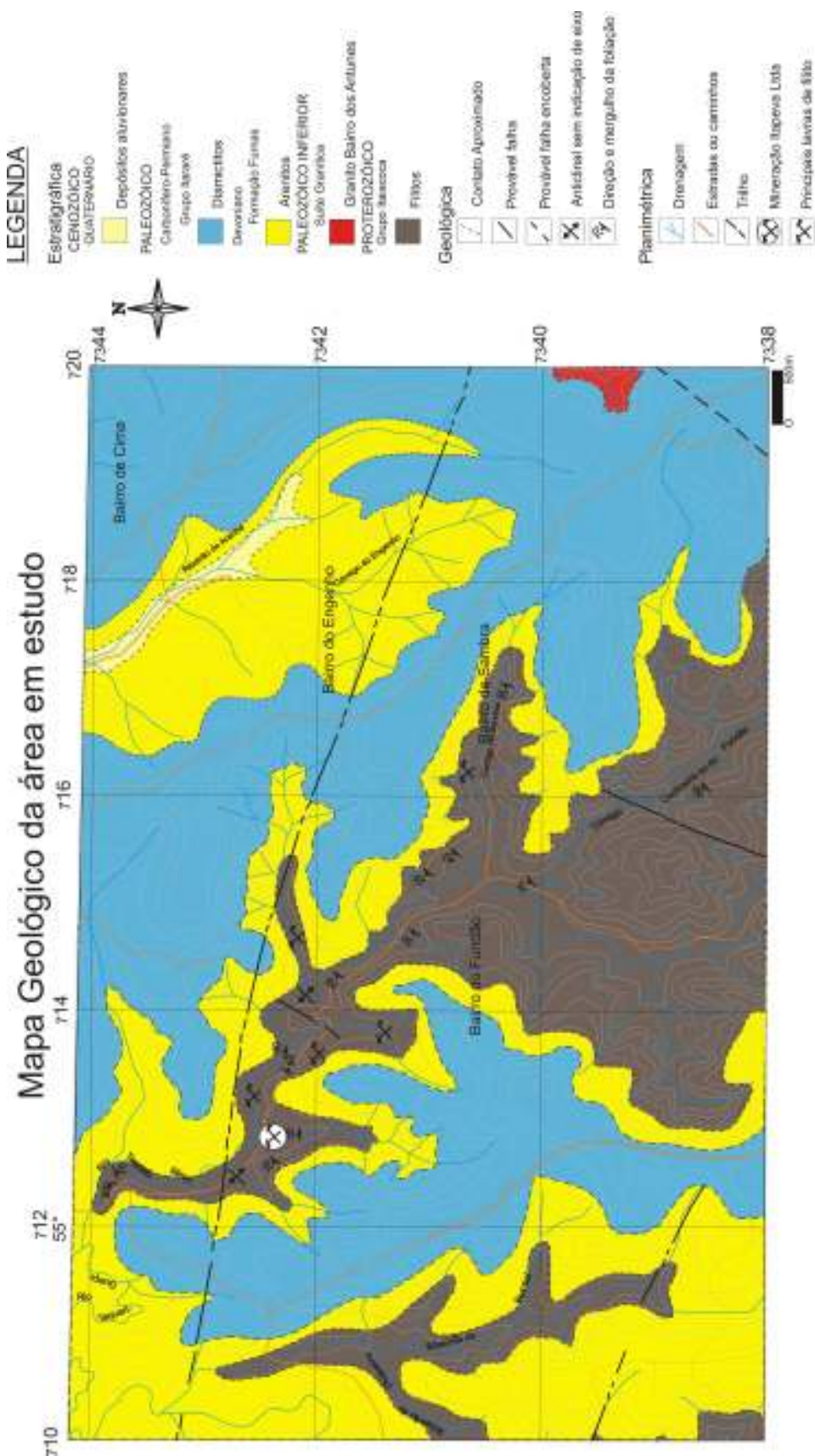


FIGURA 6.1 Mapa geológico representativo da região em estudo (modificado de CPRM 1986)

6.1.1 – Aspectos Estruturais e Morfológicos

Os aspectos estruturais da região foram obtidos com base na interpretação das fotografias aéreas e das imagens de satélite.

A fotointerpretação de escala 1:25.000, baseada na descrição de quatro fotografias, permitiu principalmente o detalhamento e análise dos padrões de drenagem e feições estruturais. Entretanto a grande similaridade do padrão de drenagem, feições estruturais e aspectos geomorfológicos não permitiram a correlação das zonas homólogas descritas com os dados bibliográficos e cartográficos obtidos para a região, portanto optou-se apenas em informar a realização da fotointerpretação e ressaltar a grande homogeneidade de seus dados, o que não possibilitou diferenciar com precisão os contatos litológicos.

Porém as análises das fotografias aéreas e das imagens de satélite, acrescidas à representação do modelo digital da área, possibilitaram a definição de um relevo relativamente arrasado, onde predominam vales com drenagens encaixadas, cabendo ressaltar a ocorrência de escarpas, que marcam o contato entre as unidades da Bacia Sedimentar do Paraná com os litotipos do Grupo Itaiacoca.

A Figura 6.2, modelo digital da área permite a observação topográfica da distribuição litológica da região, estando os principais afloramentos do grupo Itaiacoca concentrados nas menores altitudes. O mapa de sombreamento da área (Fig. 6.3) permite a observação da variação topográfica da região.

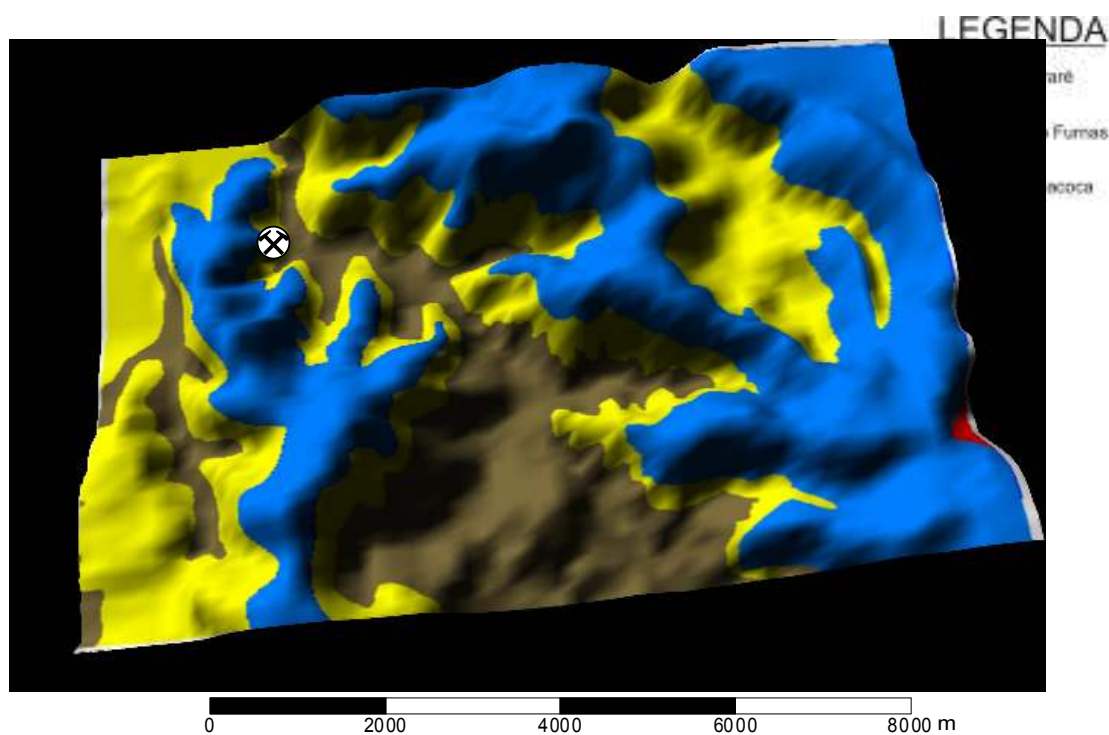


FIGURA 6.2 – Modelo Digital de Elevação do Terreno, com sobreposição do mapa geológico e representação aproximada da Mineração Itapeva Ltda (baseado em IBGE 1975 e CPRM 1986).

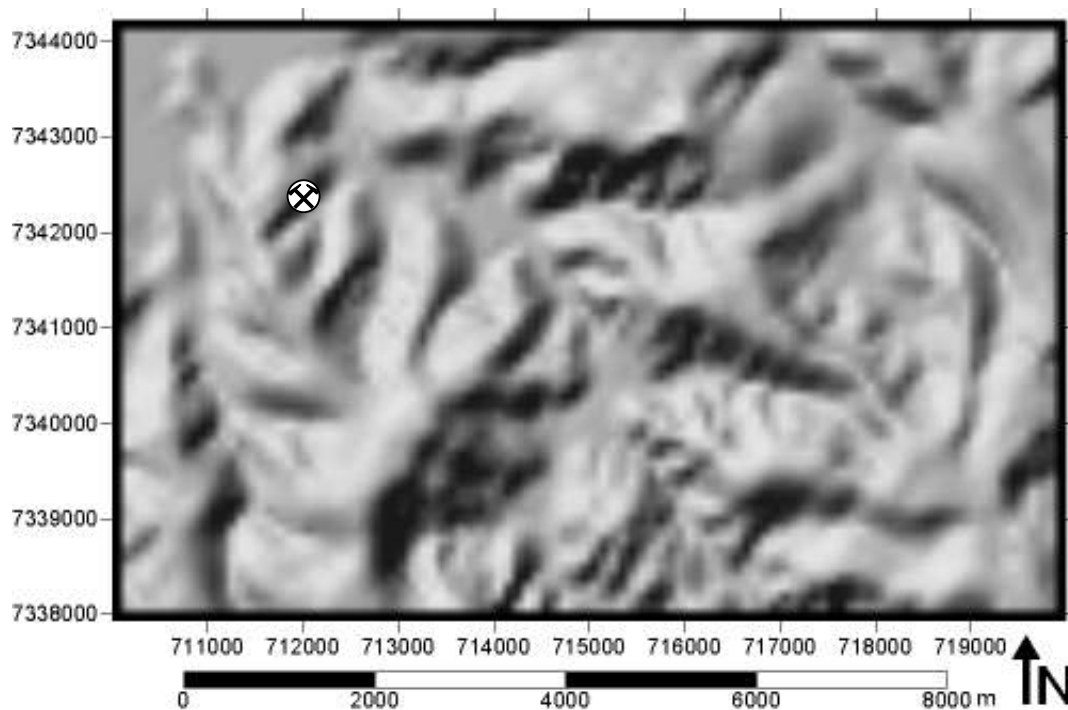


FIGURA 6.3 – Representação em planta da área em um mapa de sombreamento com iluminação horizontal de 135° e vertical de 45° com representação aproximada da Mineração Itapeva Ltda (baseado em IBGE 1975).

6.2 – ANÁLISES DA ÁREA DE ESTUDO

As frentes de lavra Rosário I e II da Mineração Itapeva Ltda (Anexo 2), escolhidas como área de estudo, possuem fácies litológicas com distintas características físicas, químicas e mineralógicas. A caracterização do filito compreendeu análises petrográficas, mineralógicas, químicas e tecnológicas.

6.2.1 – Análise Estrutural

6.2.1.1 – Sistema dúctil

A principal foliação das rochas estudadas é a clivagem ardosiana (S_n), que ocorre em quase todas as frentes de lavra do material. Nas porções de cor cinza claro da fácies branca, esta foliação S_n , muitas vezes parece estar concordante com o acamamento reliquiar da rocha, caracterizando um acamamento primário, definido por meio da diferença de cor, relacionado a uma possível variação nas condições deposicionais dos sedimentos pretéritos.

A foliação S_n possui um caráter heterogêneo, sendo em algumas porções bem marcada, e em outras pouco evidente, deixando mais clara a alternância de níveis de distinta cor e/ou a grande ocorrência de famílias de fraturas. As áreas onde aflora a rocha de cor cinza da fácies branca são as porções onde a clivagem ardosiana se torna mais incipiente.

Outra feição dúctil evidenciada são as dobras, que na maioria das vezes são abertas, suaves e possuem eixos subhorizontais (Fig. 6.4). Estas rochas possuem um segundo padrão de dobramentos, pois em amostra de mão observa-se a superposição de eventos dúcteis. Macroscopicamente não se conseguiu definir com exatidão esse segundo evento. Em lâmina petrográfica apenas foram determinadas a foliação S_n e mais restritamente uma segunda orientação da sericita, que de modo incipiente marca a clivagem de crenulação (S_{n+1}) existente na rocha.

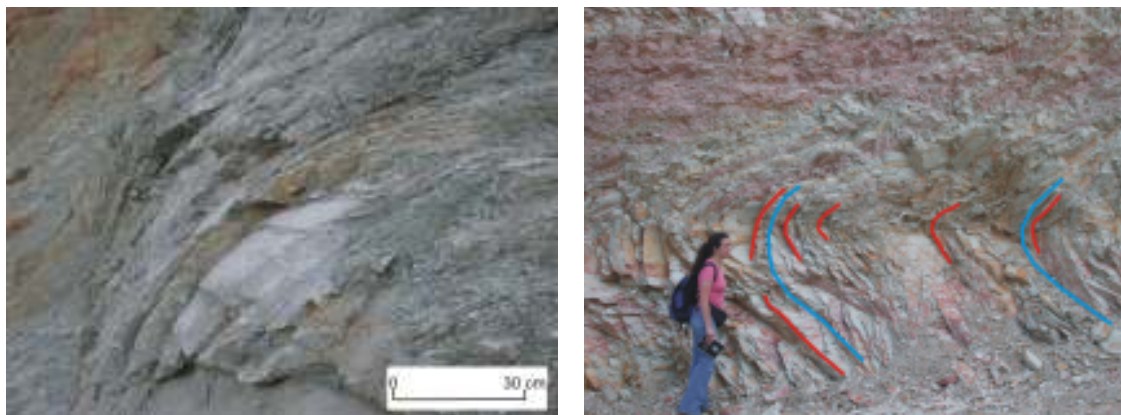


FIGURA 6.4 – Foliação S_n com dobras abertas, suaves e eixos subhorizontais.

Os dados coletados em campo foram tratados e analisados através de diagramas de contorno. A Figura 6.5 representa o gráfico estrutural de contorno máximo dos pólos e o diagrama de rosetas para as atitudes da foliação S_n da área.

No diagrama de contorno máximo dos pólos (Fig. 6.5a), verifica-se que os planos da foliação S_n possuem atitudes com direção NE e valor médio das medidas de 55° e mergulho tanto para NW quanto para SE, valor médio em ambas as direções de 70° . O diagrama de rosetas (Fig. 6.5b) mostra que a direção da foliação S_n varia dentro de uma faixa de 30° a 70° e também expõe a ocorrência de algumas medidas com direção de 30 - 50 NW, cujo mergulho foi calculado de 80 - 87° tanto para NE quanto para SW.

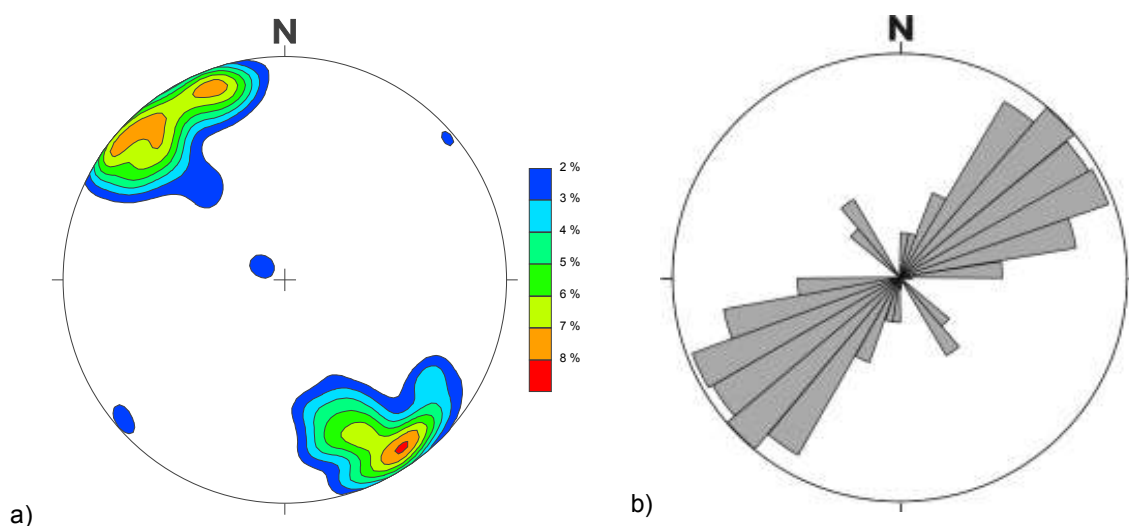


FIGURA 6.5 – Diagramas referentes às foliações totais da rocha em estudo (N: 121 atitudes).
a) contorno máximo dos pólos; b) diagrama de rosetas.

Também foram confeccionados gráficos específicos para cada fácies do material, que mostram:

A fácies branca, que compreende o material com o maior número de atitudes medidas, caracteriza-se por um predomínio da direção NE com um ângulo médio de 57° e mergulhos variando de 72 a 89° tanto para NW quanto para SE (Fig. 6.6a). No diagrama de rosetas (Fig. 6.6b) evidencia-se a maior incidência da foliação de direção NE.

A fácies preta possui um padrão de foliação com direção NE com um valor médio de 53° e mergulho médio de 63° tanto para NW quanto SE (Fig. 6.7a), dado que pode ser confirmado com o diagrama de rosetas (Fig. 6.7b) que comprova o predomínio da direção $50-60^\circ$ NE.

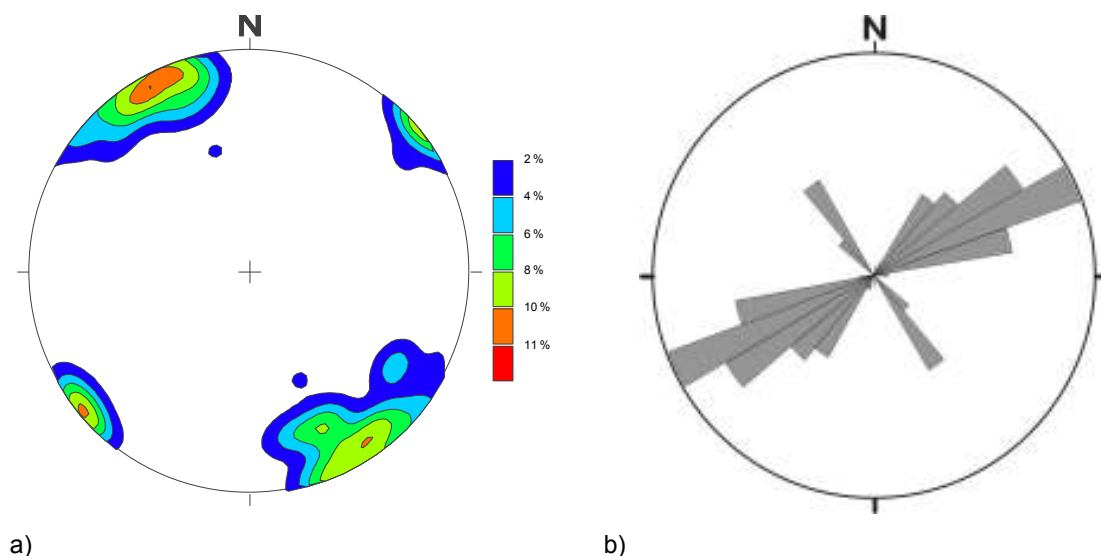


FIGURA 6.6 – Diagramas referentes às foliações da fácies branca (N: 59 atitudes). a) contorno máximo dos pólos; b) diagrama de rosetas.

Para a fácies rósea, no diagrama rosetas (Fig. 6.8b) verifica-se a direção entre $50-60^\circ$ como foliação principal. O sentido predominante da direção é também NE, porém com um grau médio de 51° e mergulho de 85° SE (Fig. 6.8a).

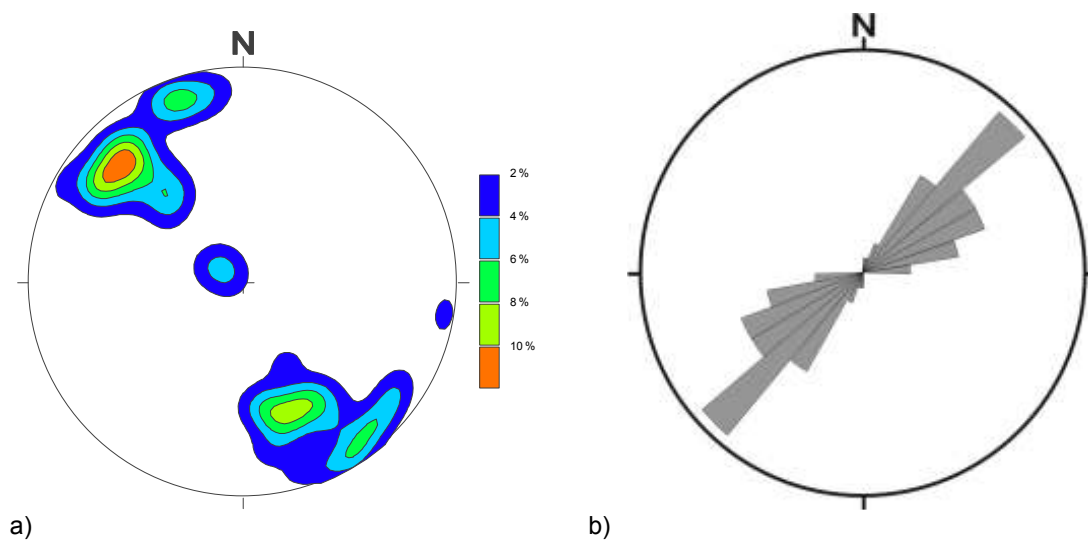


FIGURA 6.7 – Diagramas referentes às foliações da fácies preta (N: 49 atitudes). a) contorno máximo dos pólos; b) diagrama de rosetas.

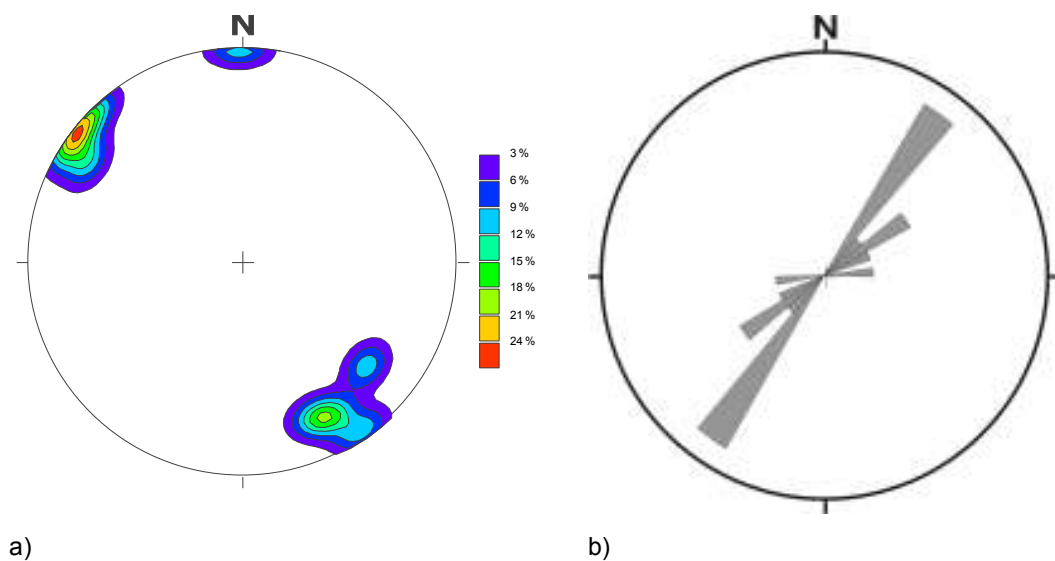


FIGURA 6.8 – Diagramas referentes às foliações da fácies rósea (N: 13 atitudes). a) contorno máximo dos pólos; b) diagrama de rosetas.

6.2.1.2 – Sistema rúptil

O sistema rúptil atuante na área é de caráter heterogêneo, com distintas famílias de fraturas e porções de intenso fraturamento.

Localmente ocorrem zonas de cisalhamento subverticais, oblíquas à foliação S_n da rocha, que restritamente mascaram as estruturas dúcteis da rocha.

A área apresenta grandes falhas subverticais (Fig. 6.9) como principais feições rúpteis e pelo menos quatro famílias de fraturas que fragmentam a rocha. A família de fraturas de direção NW com ângulo variando de 2° a 40° e mergulhos normalmente altos (média 85°) tanto para NE quanto para SW ladeia ou ocorre no interior dos “bolsões” de material de cor creme esverdeado ou avermelhado.



FIGURA 6.9 – Foto de uma falha subvertical. a) Foto panorâmica; b) Foto em detalhe da falha.

As principais falhas observadas na área são de caráter normal e movimentos dextrais. A Figura 6.10 mostra em pequena escala, aspectos observados nos falhamentos da área. Muitas vezes as fraturas menores encontram-se preenchidas por óxido e/ou hidróxido de ferro, ocorrendo com maior incidência na fácies rósea. Entretanto foram também observadas fraturas preenchidas por este material nas fácies branca e preta.

A Figura 6.11 refere-se ao gráfico estrutural confeccionado com as atitudes de fraturas da área. Fica claro o predomínio das fraturas de direção NW com ângulo variando entre 40° e 50° e mergulho médio de 80° tanto para NE como para SW. Entretanto também se pode evidenciar em menor número a ocorrência de fraturas de direção NE com mergulhos para SE.

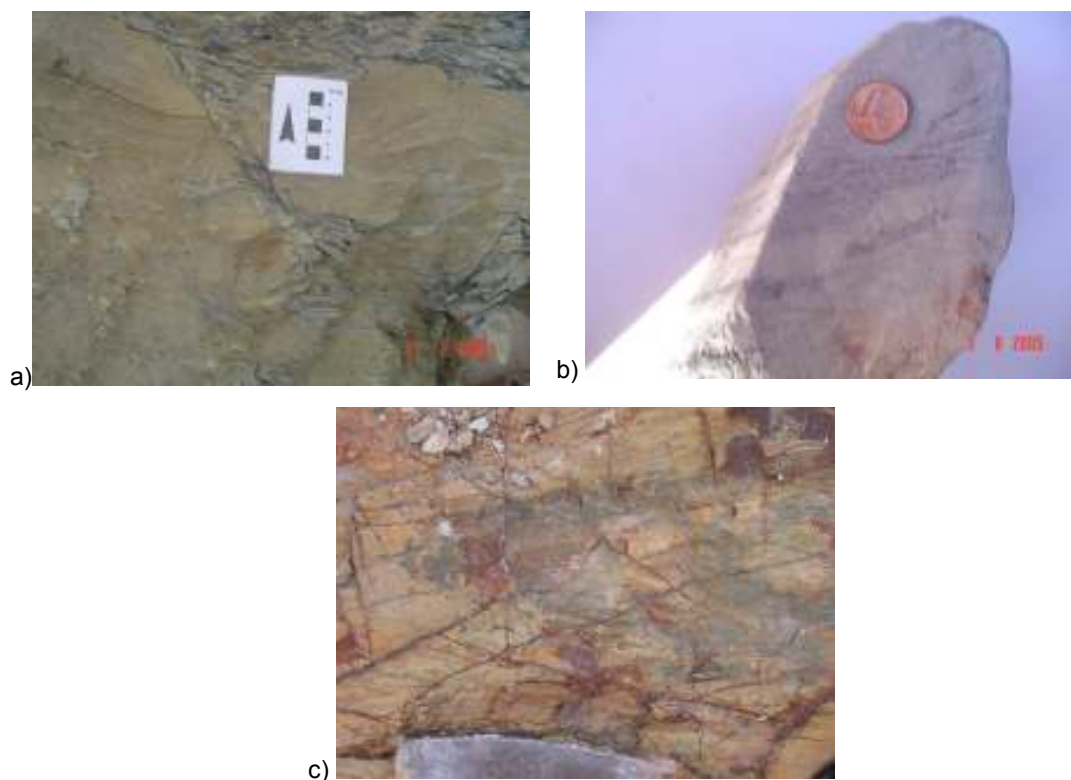


FIGURA 6.10 – Representação das falhas existentes. a) Foto de falha preenchida por material cominuído, próxima a uma pequena zona de cisalhamento; b) Amostra de mão evidenciando a movimentação ocorrida na rocha; c) Fraturas preenchidas por óxido de ferro.

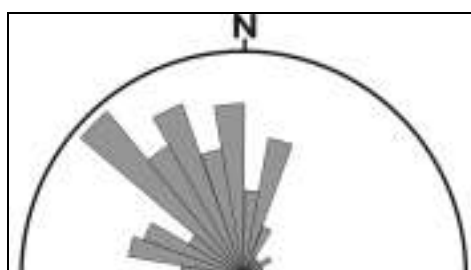


FIGURA 6.11 – Diagrama de rosetas de todas as fraturas medidas na área (N: 149 atitudes).

Para uma análise mais detalhada, as atitudes de fraturas foram separadas em dois grupos: o primeiro composto pelas atitudes de fraturas relacionadas à ocorrência do material de cor creme da fácies de filito branco, e o segundo a um outro grupo com o restante das medidas obtidas.

O grupo composto pelas fraturas relacionadas à ocorrência do material creme da fácies branca apresenta direção predominante para 80-89 NW e

mergulhos variando de SW a NE. Os dados agrupados e apresentados na Figura 6.12 são relacionados à ocorrência da fácies de filito branco.

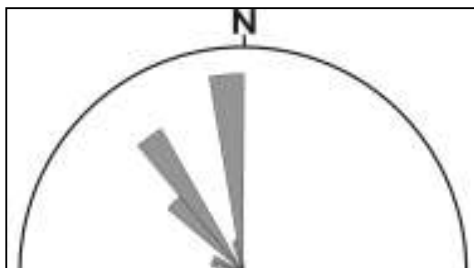


FIGURA 6.12 – Diagramas de rosetas das fraturas correlacionadas à fácies branca (N: 26 atitudes).

O restante das fraturas (Fig. 6.13) demonstra uma direção principal para NW com grande dispersão de valores e mergulho predominantemente para NE.

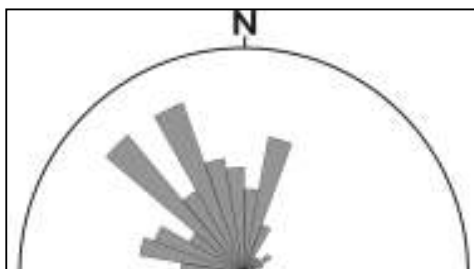


FIGURA 6.13 – Diagramas de rosetas das fraturas existentes na área (N: 123 atitudes).

6.2.2 – Análise Petrográfica

As rochas aflorantes nas frentes de lavra da Mineração Itapeva Ltda são filitos de granulação extremamente fina e textura lepidoblástica que, predominantemente, possuem estrutura do tipo clivagem ardosiana (S_n) de caráter penetrativo, bastante desenvolvida e com disposição paralela ou subparalela ao acamamento. Relacionadas a um metamorfismo de baixo grau, fácies xisto verde, com paragênese mineralógica principal de quartzo e sericita, pertencente a zona da clorita e/ou biotita.

Em função da cor esta rocha pode ser diferenciada em três fácies, que ocorrem na forma de “bolsões” descontínuos, com contatos interdigitados, muitas vezes discordantes da foliação principal da rocha (Figs. 6.14 e 6.15). A fácies branca que compreende, de maneira generalizada, o material de cor creme, creme

esverdeado ou cinza claro; a fácies preta onde o material é cinza escuro e a fácies rósea que comporta a porção vermelha, rósea e/ou roxa do filito.



FIGURA 6.14 – Relação de ocorrência do material da fácies branca e da fácies preta do filito.

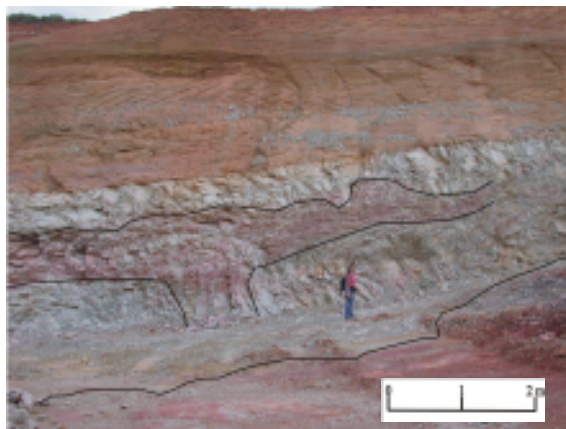


FIGURA 6.15 – Ocorrência do material da fácies branca e da fácies rósea do filito.

As três fácies possuem uma mesma assembléia mineralógica, composta essencialmente por quartzo, sericita, caulinita e minerais opacos, ficando a distinção entre as fácies apenas na porcentagem de cada mineral. A fácies branca possui uma maior porcentagem de quartzo, a fácies rósea uma maior incidência de minerais opacos e a fácies preta de sericita.

Os filitos encontram-se muito estruturados, com várias famílias de fraturas e indícios de, no mínimo, duas foliações superimpostas, a principal uma clivagem ardósiana (S_n) e a secundária uma clivagem de crenulação (S_{n+1}). A S_{n+1} se encontra melhor definida nas porções de cor mais escura das fácies preta e rósea. A clivagem de crenulação também evidencia a ocorrência de níveis de maior concentração de quartzo, mineral que demarca por espessamento as charneiras da clivagem de crenulação.

Cortando os filitos, de forma aleatória, existem vários veios de quartzo (Fig. 6.16), com dimensões que variam de milimétricas a aproximadamente 1,5 m de espessura. Observa-se o contato geológico do filito com corpos ígneos intrusivos básicos, diques que possuem dimensões variadas, podendo alcançar até 12 m de espessura.



FIGURA 6.16 – Ocorrência de veios centimétricos de quartzo cortando a rocha.

Outro contato geológico observado é o do filito com os arenitos da Formação Furnas. Trata-se de um contato por discordância angular, onde o material sedimentar é composto por camadas que podem alcançar espessuras de até 15 m de um arenito mal selecionado, de cor amarelo alaranjado, que em porções mais restritas em sua base apresenta níveis conglomeráticos. Regionalmente, a Formação Furnas é tida como um guia prospectivo do filito cerâmico, pois este material possui os seus melhores depósitos capeados pelo arenito Furnas (Fig. 6.17).



FIGURA 6.17 – Foto mostrando o capeamento do filito pela Formação Furnas.

6.2.2.1 – Fácies filito branco

Compreende o material de melhor qualidade cerâmica, possui granulação muito fina, textura lepidoblástica e estrutura de clivagem ardosiana (S_n), definida por níveis de quartzo e sericita. Esta fácies engloba dois tipos distintos, um de cor creme, com nuances ora esverdeado ora avermelhado, que se concentra nas camadas superiores (próximas à Formação Furnas) ou próximas às fraturas existentes no material (Fig. 6.18a). Um outro litotipo de cor cinza claro ou creme acinzentado que ocorre como acamamento reliquiar em níveis concordantes com a foliação S_n da rocha (Fig. 6.18b).



a)



b)

FIGURA 6.18 – Fácies branca: a) porção creme; b) porção cinza claro.

Material creme esverdeado ou avermelhado

O material creme esverdeado ou avermelhado é o de melhor valor agregado (comercializado para cerâmica branca), encontra-se na forma de bolsões aleatórios que não possuem relação com a foliação da rocha, concentrando-se preferencialmente nos níveis superiores dos depósitos (em contato com a Formação Furnas) (Figs. 6.14, 6.15, 6.17 e 6.19).



FIGURA 6.19 – Porção de material de cor branca com capeamento da Formação Furnas.

Observa-se que este material encontra-se associado à ocorrência de fraturas, seja na forma de grandes fraturas englobadas pelos bolsões de cor creme ou por pequenas quantidades de material creme ladeando algumas fraturas da rocha (Fig. 6.20). Fato normalmente relacionado a uma família de fraturas específica, que possui direção NW com ângulo variando de 4 a 45° e mergulho geralmente alto (85°) oscilando tanto para NE como para SW.



FIGURA 6.20 – Ocorrência do material de cor creme ao longo de fraturas da rocha da fácies de filito preto.

A Figura 6.20 mostra, em pequena escala, a ocorrência de material da fácies branca ao longo de fraturas. No campo observa-se a relação de fraturas como estas com a existência de bolsões do material da fácies branca (Fig. 6.19), e define-se que

a ocorrência dessas pequenas fraturas resultam abruptamente em bolsões inteiros do material de cor creme.

Na análise microscópica observa-se que o quartzo ocorre na forma de cristais anédricos, reativos, cominuídos, com extinção ondulante, muitas vezes, alongados concordantemente com a foliação S_n da rocha e preferencialmente concentrados em níveis descontínuos que podem ter em seu interior lamelas de sericita. Também se determina uma segunda geração de quartzo, a qual está preenchendo fraturas. Em porcentagem subordinada, foi determinada a ocorrência de turmalina.

A sericita também ocorre concentrada em níveis; no interior desses níveis existem concentrados milimétricos de material oxidado (possivelmente óxido e/ou hidróxido de ferro).

Material cinza claro

O material definido neste grupo é de cor cinza, com a peculiaridade de ser o mais compacto dentre as fácies lavradas. Ocorre na forma de níveis que variam de milimétricos até aproximadamente 30 cm e normalmente são concordantes com a foliação S_0 da rocha (Fig 6.21).

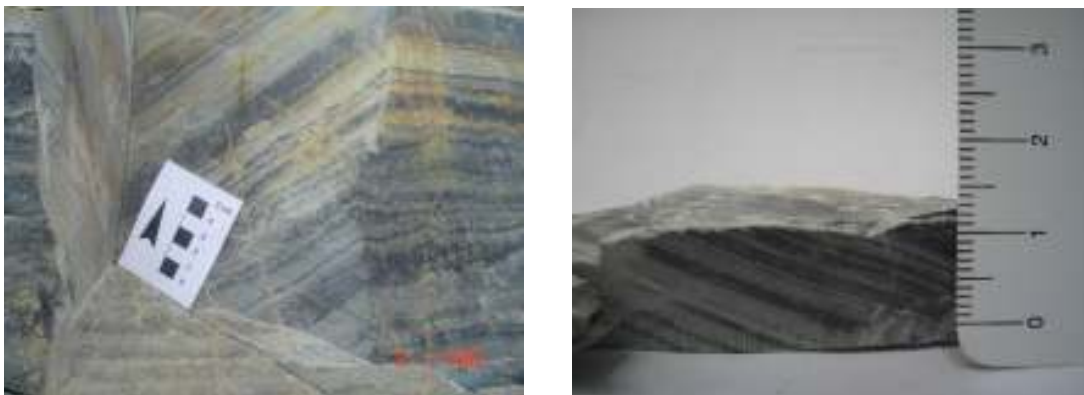


FIGURA 6.21 – Porção cinza claro da fácies branca, evidenciando a alternância de níveis.

Material que ocorre concentrado nas porções menos intemperizadas da frente de lavra e muitas vezes representa indícios do acamamento reliquiar dessas rochas. Não possui uma grande representatividade nas frentes de lavras da Mineração Itapeva, onde se concentra principalmente na porção sul da mina (frente de lavra Rosário II).

Quando possui uma predominância dos níveis cinza claro, este material é lavrado e comercializado para cerâmica branca, caso contrário a sua lavra destina-se ao beneficiamento e homogeneização com frações das fácies preta e rósea.

A análise microscópica (Fig. 6.22) mostra que as porções cinza mais claro correspondem aos níveis de quartzo e níveis de sericita, com agregados milimétricos de óxidos ou hidróxidos de ferro percolado em seu interior. As porções mais escuras, além da alternância dos níveis de sericita e quartzo possuem camadas milimétricas de material opaco.

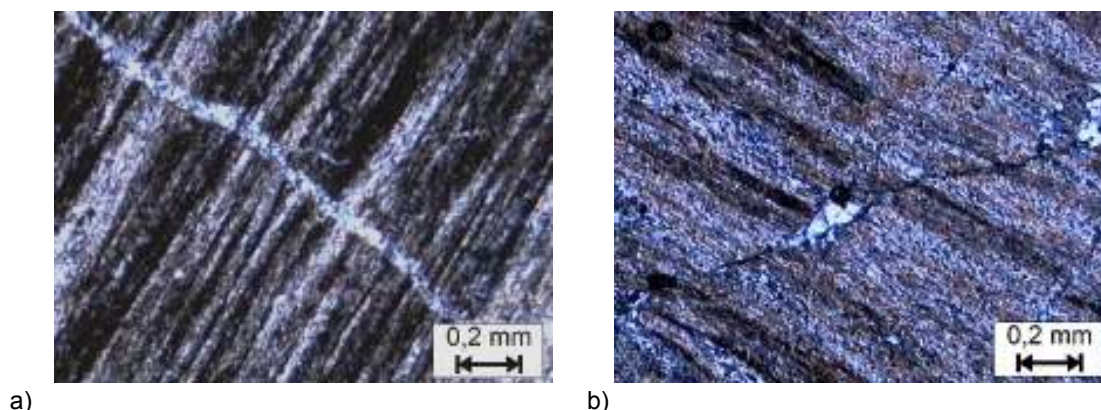


FIGURA 6.22 – Fotomicrografias em luz polarizada da fácies branca. a) fraturas preenchidas por quartzo e ocorrência níveis de materiais opacos; b) granulação muito fina da rocha com níveis de concentração de quartzo e sericita.

O quartzo é de duas gerações, a primeira composta por cristais submilimétricos, alongados, muitas vezes com extinção ondulante que constituem os níveis de quartzo que marcam a foliação S_n . Em algumas porções estes níveis encontram-se descontínuos. A segunda geração é de cristais maiores que ocorrem preenchendo fraturas milimétricas e centimétricas da rocha.

A sericita também é de duas gerações, a primeira composta por lamelas submilimétricas que ocorrem em níveis definindo a S_n , e a segunda geração é composta por lamelas maiores dispersas na rocha.

6.2.2.2 – Fácies filito preto

Compreende o material de cor preta ou cinza-escuro (Fig. 6.23), de textura lepidoblástica, granulação muito fina, estrutura do tipo clivagem ardosiária (S_n) e em porções mais restritas, onde a cor torna-se mais intensa, observa-se uma clivagem de crenulação bem marcada (S_{n+1}). Estas porções mais estruturadas (com clivagem

de crenulação) também possuem veios submilimétricos preenchidos por quartzo, concordantes com a S_n da rocha e evidenciando a crenulação superimposta.



FIGURA 6.23 – Rocha pertencente à fácies preta.

O material cinza escuro e/ou preto não é aceito comercialmente. Entretanto suas porções mais claras (cinza médio) são beneficiadas, homogeneizadas às frações róseas e comercializadas para ramos como argamassa e ração animal.

Esta fácies ocorre interdigitada ao material creme (Fig. 6.14). Normalmente encontra-se intensamente fraturada, sendo que algumas dessas fraturas originam o material da fácies branca.

Ao observar blocos de aproximadamente 5 cm, coletados na interface de separação entre os bolsões das fácies branca e preta, determina-se que muitos desses blocos (os maiores), mesmo sendo de cor cinza claro ou creme (fácies branca), possuem em seus interiores “núcleos” de cor mais escura (fácies preta), demonstrando resquícios da sua constituição original (Fig. 6.24).

A análise microscópica mostra que esta fácies é similar à fácies branca, sendo que na assembléia mineralógica os grãos de quartzo encontram-se mais cominuídos e com uma disposição preferencial nos níveis de cor mais clara, os quais normalmente são descontínuos e irregulares. Em locais restritos desses níveis o quartzo é intensamente fraturado (Fig. 6.25).

A foliação S_n localmente encontra-se levemente ondulada configurando, a partir da suborientação do quartzo e sericita, uma foliação S_{n+1} .

Nesta fácies define-se maior ocorrência de sericita, disposta em níveis, que ocorrem associados a pequenos agregados alongados de opacos concordantes com a S_n da rocha.

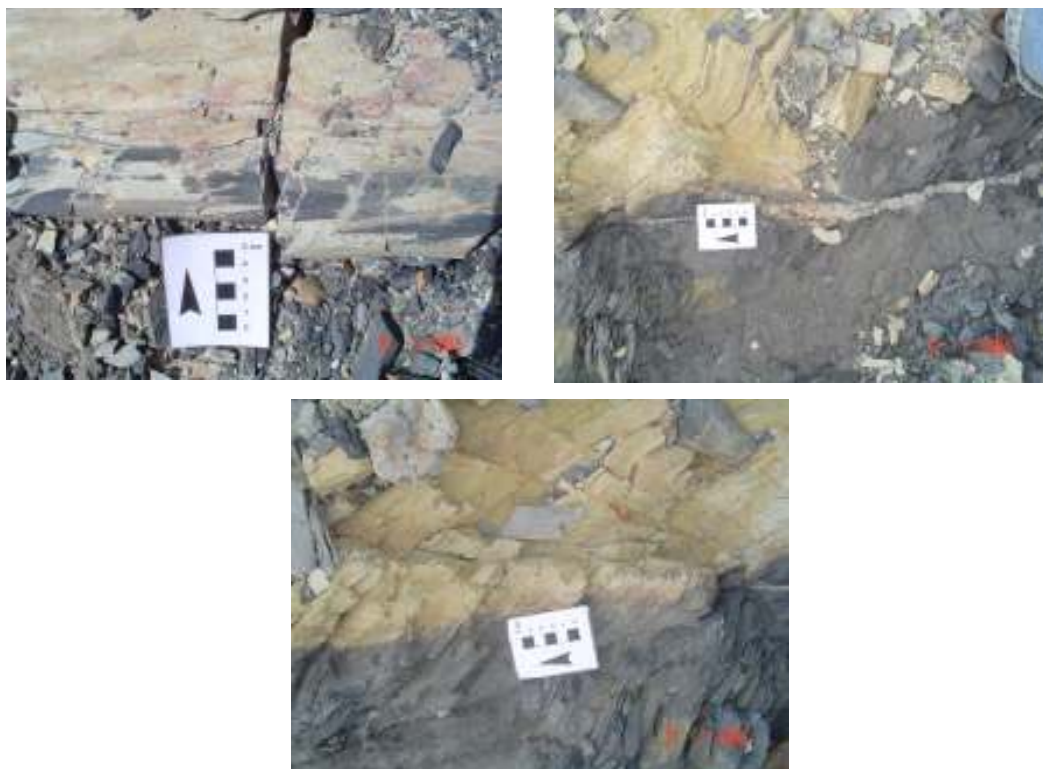


FIGURA 6.24– Relação existente entre as fácies preta e a branca.

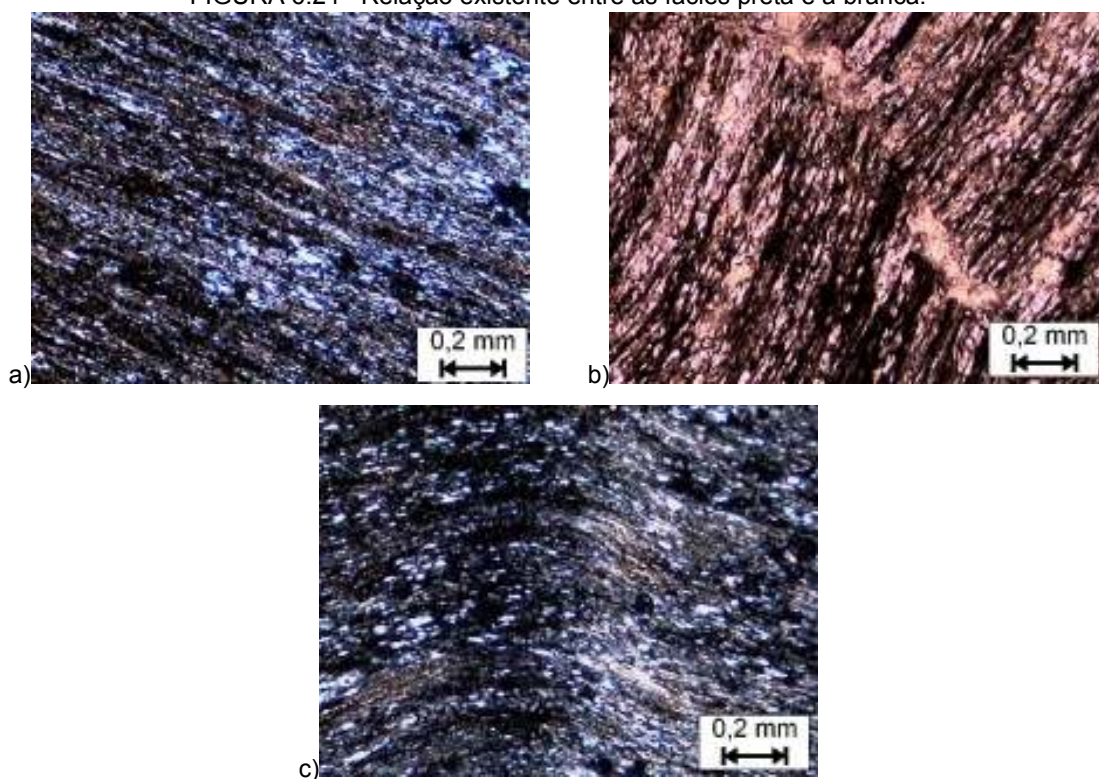


FIGURA 6.25 – Fotomicrografias em luz polarizada da fácies preta. a) detalhe da granulação fina da rocha e a foliação S_n ; b) fratura da rocha preenchida por quartzo; c) dobramento da foliação S_n .

6.2.2.3 – Fácies filito róseo

Esta fácies compreende o material de cor rósea, que tem grande variação de tons, indo do róseo claro até o alaranjado. Possui textura lepidoblástica, granulação muito fina e estrutura do tipo clivagem ardosiária (S_n), e normalmente nas porções de cor mais escura (alaranjada) uma clivagem de crenulação (S_{n+1}) (Fig. 6.26).

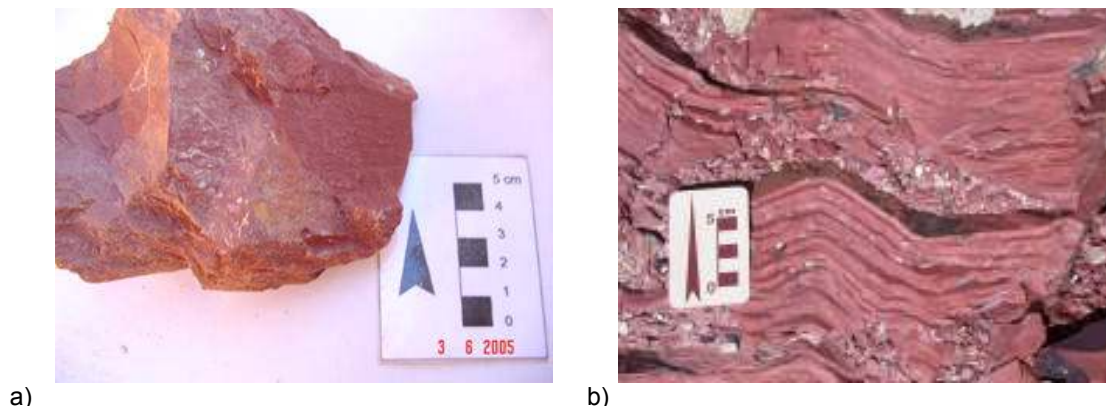


FIGURA 6.26 – Porção de cor mais escura da fácies rósea. a) amostra da fácies rósea com clivagem ardosiária; b) clivagem de crenulação (S_{n+1}) existente na rocha.

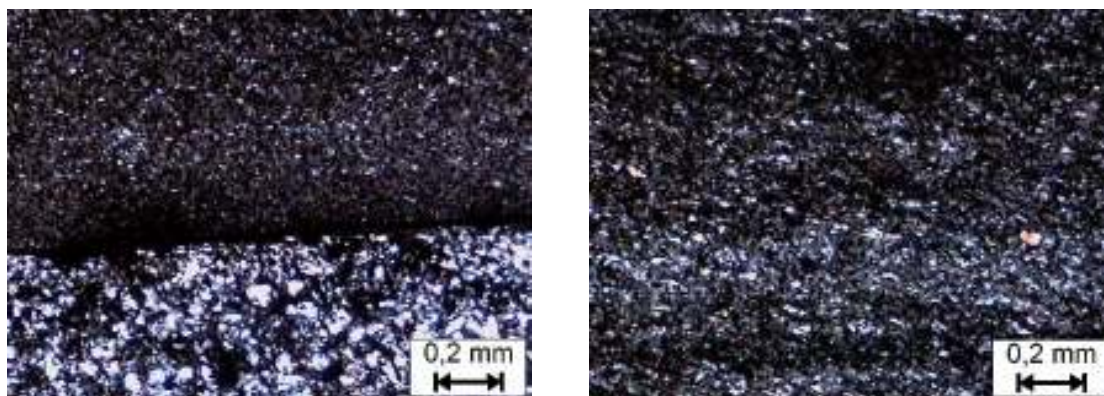
A fácies rósea é a que compõe a maior parte dos afloramentos, é o material que constitui a porção onde está instalada a sede e os barracões de beneficiamento e estocagem da mineração.

Esta fácies é principalmente comercializada, em suas porções mais claras, após beneficiamento (moagem) para os ramos de ração animal e argamassa.

Durante os trabalhos de campo não foi observada a associação entre as fácies preta e rósea, sendo que a porção rósea concentra-se especialmente na mina Rosário II (porção sul da mineração) e a preta ocorre com maior intensidade na mina Rosário I (porção norte da mineração).

Uma característica marcante nesta fácies é a ocorrência de níveis enriquecidos em óxidos e/ou hidróxidos de ferro, paralelos à foliação S_n .

A análise microscópica desta fácies revela características similares às outras fácies em estudo, apenas diferindo pela ocorrência de níveis de óxidos e/ou hidróxidos bem marcados, concordantes com a foliação S_n da rocha (Fig. 6.27). Estes níveis variam de 0,4 a 2,5 mm e tornam-se mais espessos nos contatos entre os níveis de quartzo e sericita, preferencialmente percolados nas porções de quartzo. Quanto mais espessos forem os níveis de quartzo ou sericita maior será a espessura de material oxidado no contato entre eles.



a) b)
FIGURA 6.27 – Fotomicrografias da fácies rósea. a) contato entre níveis que constituem a rocha, sendo que o superior possui nítida percolação de óxidos; b) mostra a granulação fina e a S_n da rocha.

Os cristais de sericita ocorrem em duas gerações, a primeira com granulação muito fina e grande dispersão no interior dos níveis de maior concentração de quartzo. A segunda com granulação maior (aproximadamente 0,05mm), também pode ocorrer dispersa pela rocha, porém preferencialmente define níveis orientados concordantes com a S_n da rocha.

As microfraturas observadas nas lâminas petrográficas encontram-se preenchidas, sendo as menores por óxidos e/ou hidróxidos de ferro e as maiores por quartzo. Estas fraturas geralmente estão perpendiculares à S_n e possuem dimensões que variam de 0,01 a 0,1mm.

6.2.3 – Análise Química

A análise química foi realizada por meio da técnica de fluorescência de raios X e teve uma amostragem de modo sistêmico buscando a representação de todas as distinções das fácies do filito.

Com relação aos resultados obtidos para a análise química os teores de Fe_2O_3 expressam a porcentagem de ferro total da rocha.

Para a realização da análise química da fácies branca, foram separadas as frações creme e cinza, de modo a diferenciar os materiais que a compõem. A Tabela 6.1 representa os dados obtidos para o material creme da fácies branca.

Dentre as análises realizadas, as representadas na Tabela 6.2 são correspondentes ao material de cor cinza claro da fácies branca.

TABELA 6.1 – DADOS QUÍMICOS DA PORÇÃO CREME DA FÁCIES BRANCA

AMOSTRA	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3total}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.F. ⁽¹⁾	SOMA
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
423/04 B	76,05	0,53	13,30	1,07	1,88	0,01	0,01	4,98	0,02	0,02	2,35	100,27
423/04 C	79,16	0,45	11,80	0,84	1,64	<0,01	0,01	4,30	0,03	0,03	2,22	100,56
080/05 A	76,71	0,49	13,36	1,11	1,43	<0,01	0,01	4,15	0,07	0,03	2,75	100,19
080/05 D	73,96	0,50	14,68	0,89	2,09	<0,01	0,01	5,20	0,16	0,02	2,68	100,27
080/05 H	72,03	0,57	14,96	0,98	2,26	<0,01	0,01	5,74	0,47	0,03	2,69	99,80
080/05 I	77,76	0,49	12,56	1,00	1,67	0,00	0,01	4,43	0,00	0,04	2,34	100,37
080/05 L	80,63	0,54	10,95	0,89	0,98	<0,01	0,01	2,91	0,19	0,03	2,57	99,81
080/05 M	75,93	0,62	13,86	1,11	1,32	<0,01	0,01	3,95	0,08	0,03	3,00	100,00
080/05 N	71,91	0,67	15,49	1,88	1,54	<0,01	0,03	4,83	<0,01	<0,01	⁽¹⁾ 3,40	99,88
080/05 O	72,36	0,50	15,09	1,25	2,15	<0,01	0,01	5,75	0,37	0,03	2,70	100,23
080/05 Q	72,63	0,56	15,72	0,77	2,11	0,01	0,01	5,13	0,05	0,03	2,89	99,91
080/05 R	67,90	0,70	18,12	1,27	2,34	0,01	0,01	6,34	0,05	0,04	3,43	100,19
080/05 S	77,74	0,42	12,14	0,83	1,74	0,01	0,01	4,56	0,32	0,02	2,27	100,13
080/05 T	75,24	0,55	14,47	1,12	1,29	0,00	0,01	4,05	0,01	0,02	3,18	99,97
215/05 B	76,94	0,77	12,86	1,22	1,45	<0,01	0,01	4,21	0,19	0,03	2,61	100,27
215/05 C	68,89	0,63	16,79	1,93	2,16	0,01	0,01	5,93	0,07	0,04	3,60	100,05
215/05 F	74,29	0,52	13,99	1,18	1,94	<0,01	0,01	5,22	0,04	0,02	2,60	99,77
215/05 J	71,63	0,89	16,69	1,37	1,34	0,01	0,01	4,18	0,02	0,03	3,85	99,98
215/05 M	72,40	0,52	15,04	1,33	2,11	0,01	0,01	5,35	0,03	0,03	3,08	99,88
215/05 Q	72,31	0,57	15,48	1,14	2,14	<0,01	0,01	5,56	0,03	0,40	2,85	100,11
215/05 S	74,00	0,53	14,43	1,00	2,00	0,01	0,01	5,30	0,04	0,06	2,84	100,19
215/05 T	68,85	0,60	16,95	1,24	2,49	<0,01	0,01	6,38	0,03	0,02	3,28	99,82
MÉDIA	74,06	0,57	14,49	1,15	1,82	0,01	0,01	4,93	0,11	0,03	2,87	100,05
DESV. PADRÃO	3,36	0,11	1,81	0,29	0,40	<0,01	<0,01	0,86	0,13	0,01	0,44	----

⁽¹⁾ valor de perda ao fogo (P.F.) calculado em ensaio separado, pois a análise química foi realizada com material calcinado.

TABELA 6.2 – DADOS QUÍMICOS DA PORÇÃO CINZA CLARO DA FÁCIES BRANCA

AMOSTRA	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3total}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.F. ⁽¹⁾	SOMA
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
423/04 E	78,75	0,52	11,94	1,20	1,37	0,01	0,01	4,28	0,03	0,02	1,97	100,18
080/05 E	73,77	0,54	15,14	1,16	1,47	<0,01	0,01	4,32	<0,01	0,03	⁽¹⁾ 3,34	99,90
215/05 G	72,91	0,57	14,71	1,06	2,05	<0,01	0,01	5,38	0,02	0,04	⁽¹⁾ 2,91	99,80
215/05 H	72,63	0,58	15,42	1,57	1,64	<0,01	0,01	5,00	0,52	0,03	3,18	100,55
215/05 U	75,03	0,41	12,21	1,93	3,41	<0,01	<0,01	3,59	0,04	0,02	2,83	99,46
MÉDIA	74,62	0,52	13,88	1,38	1,99	0,01	0,01	4,51	0,15	0,03	2,85	99,95
DESV. PADRÃO	2,49	0,07	1,67	0,36	0,83	<0,01	<0,01	0,69	0,244	0,01	0,53	----

⁽¹⁾ valor de perda ao fogo (P.F.) calculado em ensaio separado, pois a análise química foi realizada com material calcinado.

Na análise da fácies preta optou-se por trabalhar com as amostras previamente calcinadas, a fim de evitar que a porcentagem de voláteis presente na rocha viesse a prejudicar, por meio de ataque químico, os aparelhos analíticos empregados. Os teores químicos obtidos para as amostras da fácies preta encontram-se apresentados na Tabela 6.3.

TABELA 6.3 – DADOS QUÍMICOS DA FÁCIES PRETA

AMOSTRA	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3total}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.F. ⁽¹⁾	SOMA
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
423/04 A	70,73	0,57	15,38	1,20	1,86	0,01	0,03	4,94	<0,01	0,06	4,05	99,11
080/05 C	67,30	0,74	15,78	2,95	3,15	<0,01	0,01	5,16	<0,01	0,03	⁽¹⁾ 4,11	99,60
080/05 F	71,31	0,54	14,22	0,97	2,11	<0,01	0,01	5,41	0,38	0,03	⁽¹⁾ 3,55	99,28
080/05 G	67,06	0,59	16,42	1,44	2,13	0,01	0,01	5,80	0,12	0,06	⁽¹⁾ 4,49	99,13
215/05 A	75,41	0,45	12,29	1,28	1,63	<0,01	0,01	4,28	0,05	0,06	⁽¹⁾ 3,75	99,63
215/05 D	68,74	0,59	16,84	1,46	2,07	<0,01	0,01	5,76	0,07	0,03	⁽¹⁾ 3,85	99,71
215/05 I	73,17	0,55	14,54	1,53	1,50	<0,01	0,01	4,64	0,16	0,03	⁽¹⁾ 3,70	99,91
215/05 N	69,08	0,56	15,92,	1,27	2,25	<0,01	0,01	5,61	0,04	0,02	⁽¹⁾ 4,04	99,38
215/05 O	71,92	0,53	14,78	1,64	1,75	<0,01	0,01	4,80	0,02	0,04	⁽¹⁾ 4,54	99,50
215/05 R	72,57	0,56	14,51	0,94	1,98	<0,01	0,01	5,34	0,03	0,02	⁽¹⁾ 3,74	99,70
215/05 V	74,03	0,44	12,90	2,07	3,68	<0,01	<0,01	3,74	0,04	0,02	3,00	99,93
MÉDIA	71,30	0,56	14,88	1,57	2,20	0,01	0,01	5,06	0,10	0,04	3,89	99,62
DESV. PADRÃO	3,03	0,08	1,37	0,56	0,65	<0,01	0,01	0,66	0,1	0,02	0,43	----

⁽¹⁾ valor de perda ao fogo (P.F.) calculado em ensaio separado, pois a análise química foi realizada com material calcinado.

A análise química realizada na fácies rósea (Tab. 6.4) caracteriza esta porção pelos maiores teores de Fe₂O_{3total} dentre as fácies analisadas.

TABELA 6.4 – DADOS QUÍMICOS DA FÁCIES RÓSEA

AMOSTRA	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O _{3total}	MgO	MnO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	P.F.	SOMA
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
423/04 D	67,32	0,60	18,39	2,82	1,43	<0,01	0,01	4,11	0,27	0,03	4,66	99,70
080/05 B	71,46	0,64	16,06	1,17	1,86	0,01	0,01	5,02	0,27	0,02	3,29	99,85
080/05 J	70,25	0,73	16,19	3,22	1,23	<0,01	0,01	3,76	0,18	0,03	3,74	99,40
080/05 K	68,32	0,72	16,24	4,34	1,23	<0,01	0,01	3,71	0,20	0,02	4,44	99,29
080/05 P	73,68	0,55	13,33	2,24	1,73	0,01	0,01	4,55	0,26	0,02	2,84	99,34
215/05 E	68,72	0,63	16,96	2,69	2,03	<0,01	0,01	5,15	0,07	0,03	3,79	100,06
215/05 K	66,82	1,02	16,59	7,61	0,70	0,01	0,01	2,27	0,02	0,05	5,07	100,15
215/05 L	69,23	0,92	16,21	4,58	1,24	<0,01	0,01	3,67	0,03	0,03	4,20	100,10
215/05 P	71,96	0,58	14,68	2,23	2,05	<0,01	0,01	5,18	0,02	0,02	2,93	99,63
MÉDIA	69,75	0,71	16,07	3,43	1,50	0,01	0,01	4,16	0,15	0,03	3,88	99,70
DESV. PADRÃO	1,41	0,16	1,41	1,89	0,45	<0,01	<0,01	0,94	0,11	0,01	0,77	----

Os dados obtidos são representados em diagramas de variação e diagramas triangulares. Dentre os diagramas de variação os melhores resultados de comparações entre as fácies são obtidos com os gráficos $\text{SiO}_2 \times \text{Al}_2\text{O}_3$ (Fig. 6.28), $\text{SiO}_2 \times \text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ (Fig. 6.29) e $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}} \times \text{P.F.}$ (Fig. 6.30).

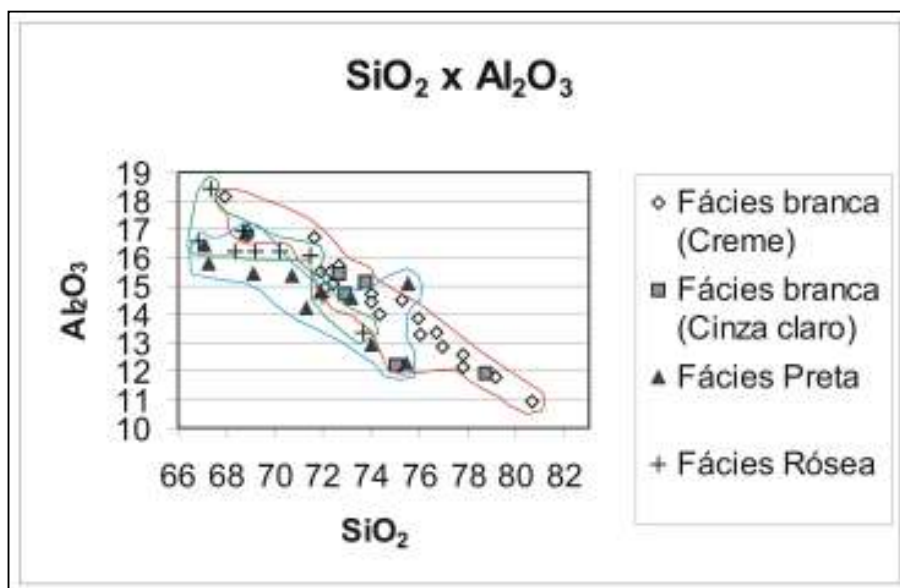


FIGURA 6.28 – Diagrama de variação de SiO_2 em relação a Al_2O_3 .

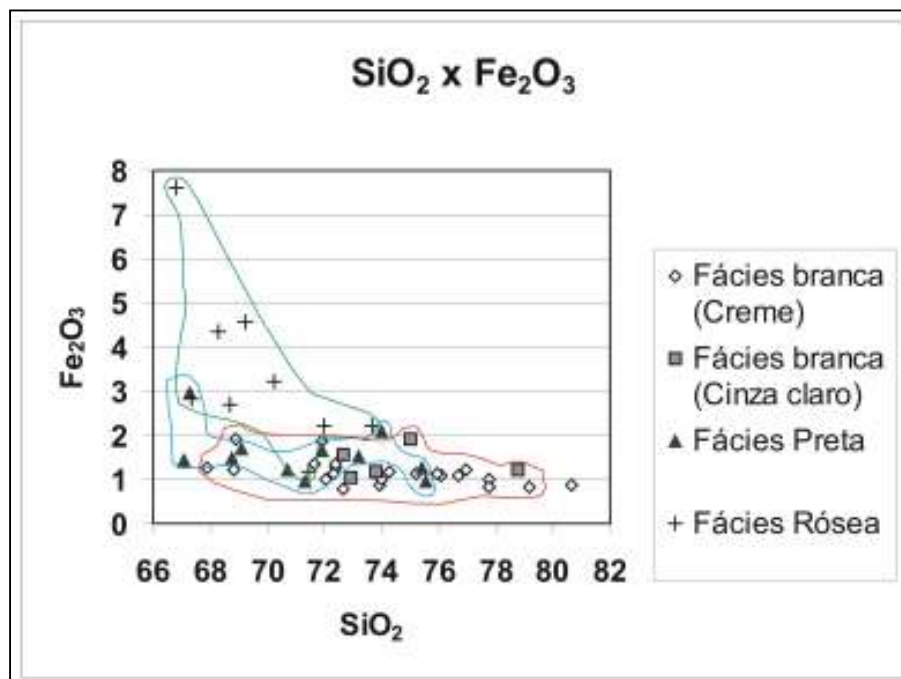


FIGURA 6.29 – Diagrama de variação de SiO_2 em relação a $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$.

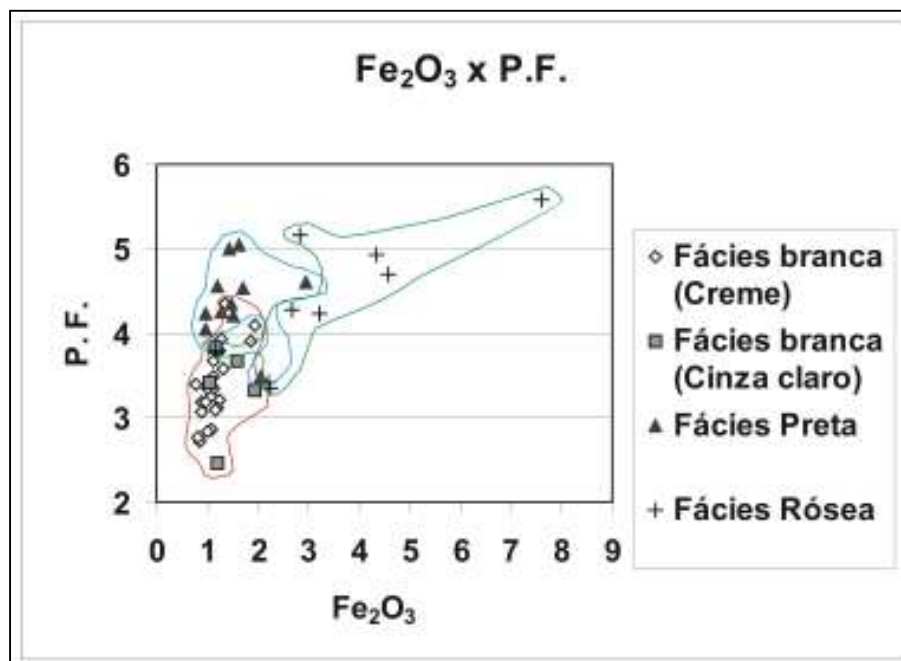


FIGURA 6.30 – Diagrama de variação de Fe_2O_3 em relação P.F.

Dentre os diagramas de variação confeccionados para as porções que compõem a fácies branca apenas o diagrama que compara SiO_2 e Al_2O_3 (Fig. 6.31) apresenta resultado favorável ao estudo. Este diagrama caracteriza-se pela ocorrência de uma linearidade dos dados, o que possivelmente é resultante do processo de mobilização química que a rocha sofreu.

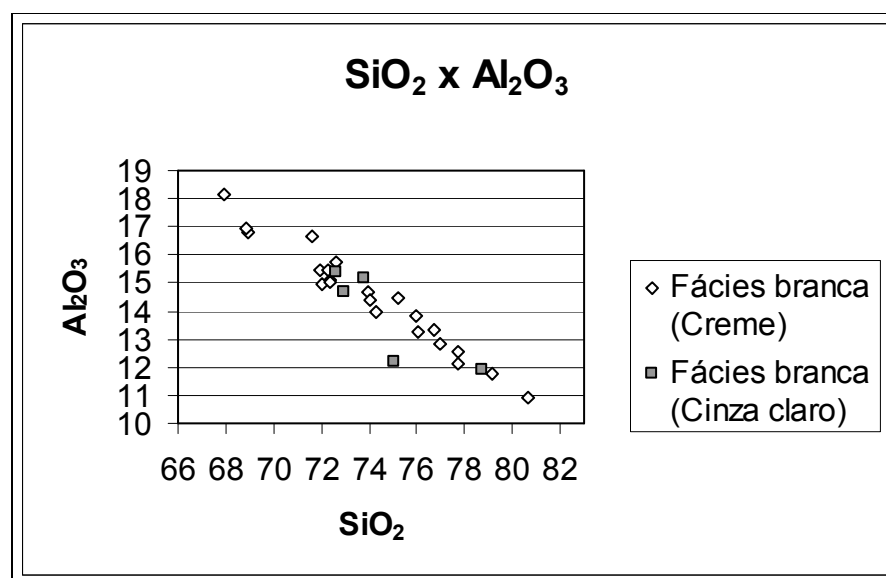


FIGURA 6.31 – Diagrama de variação de SiO_2 e Al_2O_3 para as porções que compõem a fácies branca.

Os melhores resultados com os diagramas triangulares são obtidos com os gráficos SiO_2 - $\text{Al}_2\text{O}_3 \times 10$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 10$ (Fig. 6.32), e SiO_2 - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 10$ -P.F. $\times 10$ (Fig. 6.33).

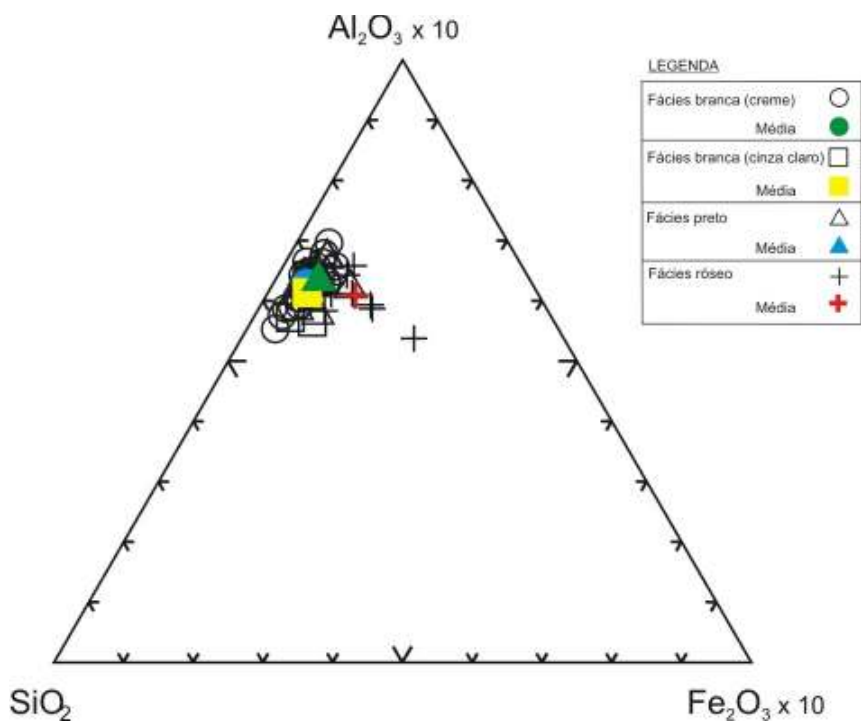


FIGURA 6.32 – Diagrama triangular SiO_2 - $\text{Al}_2\text{O}_3 \times 10$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 10$.

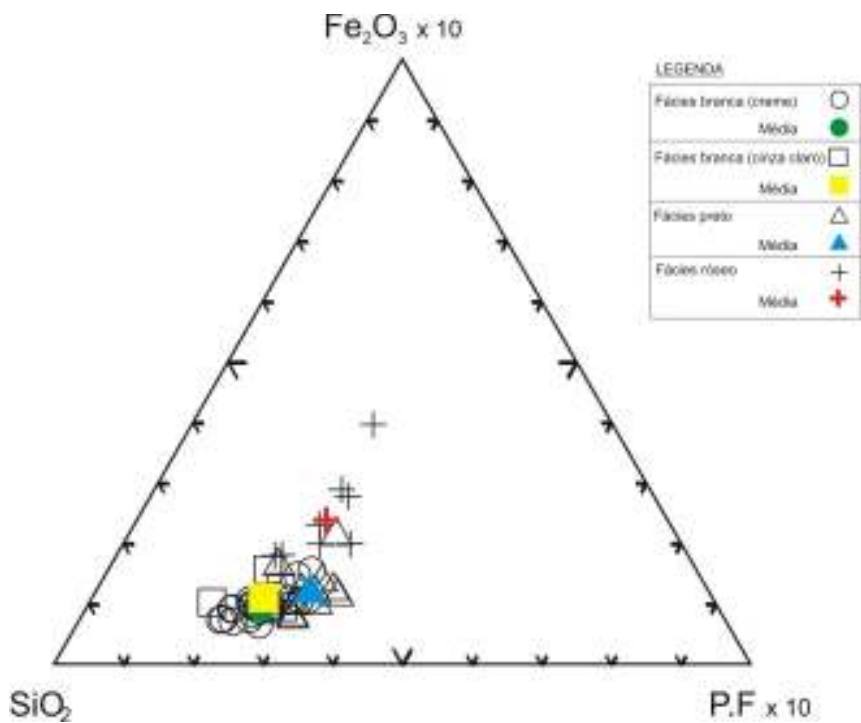


FIGURA 6.33 – Diagrama triangular SiO_2 - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times 10$ -P.F. $\times 10$.

A observação desses gráficos possibilita várias conclusões: a grande variação dos teores de ferro (Fe_2O_3 total), óxido extremamente prejudicial ao emprego cerâmico do material, onde os maiores valores ocorrem na fácies rósea e os menores na fácies branca (Fig. 6.29, 6.30, 6.32 e 6.33).

O gráfico de comparação entre sílica e alumina (SiO_2 x Al_2O_3) (Fig. 6.28), onde a correlação negativa de um dos óxidos em relação ao teor do outro, ressalta a mobilização química que originou maiores teores de sílica normalmente relacionados a fácies de filito branco. A porção branca também é a que possui os menores teores de perda ao fogo.

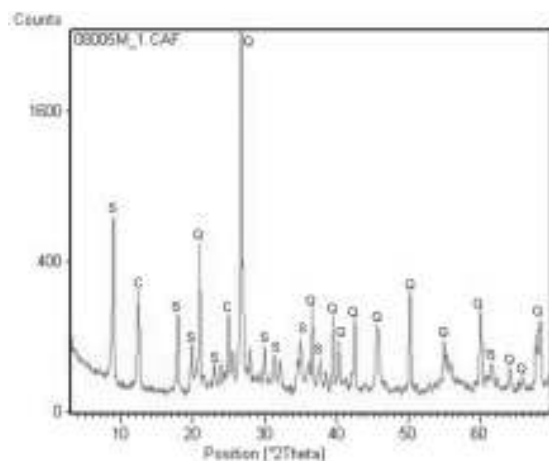
Os teores de potassa (K_2O) presentes nestas rochas, que variam de 2,27% em uma amostra do filito róseo até 6,38% em um filito da fácies branca, favorecem o emprego deste bem mineral como fundente.

6.2.4 – Análise Mineralógica

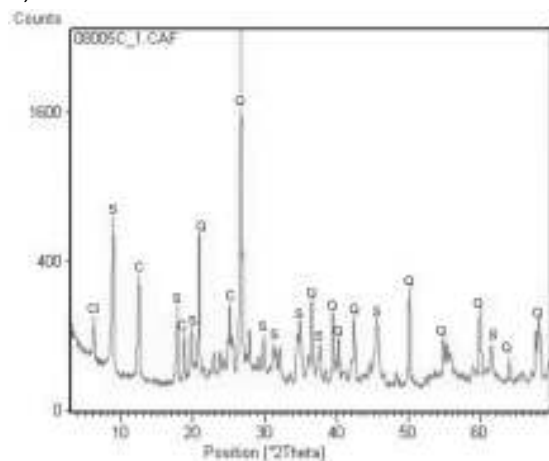
A análise mineralógica foi realizada pela técnica de difração de raios X.

Como assembléia mineralógica principal tem-se quartzo e sericita, muitas vezes caulinita e mais raramente clorita. A porcentagem de caulinita dentre as amostras analisadas é variável, fator que pode ser observado pela diferença dos difratogramas em relação à intensidade dos picos difratométricos da caulinita; sendo que algumas amostras se caracterizam pela ausência da caulinita. Já a clorita, apenas é observada em três das quarenta e sete análises mineralógicas realizadas.

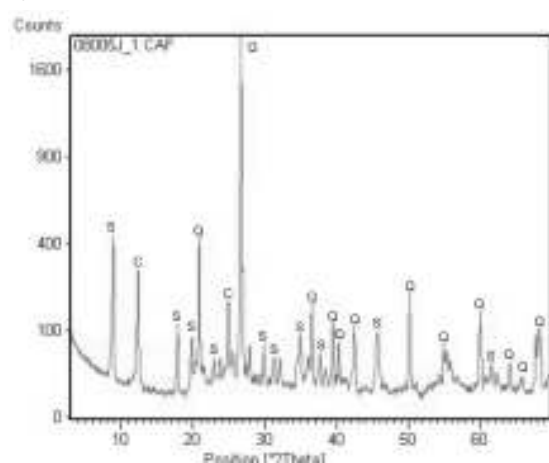
Para favorecer a representação dos dados analíticos optou-se por representar na forma individualizada apenas alguns dos difratogramas, a fim de especificar as principais peculiaridades mineralógicas da rocha (Fig. 6.34). As informações analíticas estarão representadas em sua totalidade na forma agrupada, de acordo com as fácies de estudo, favorecendo a comparação e observação da homogeneidade dos dados.



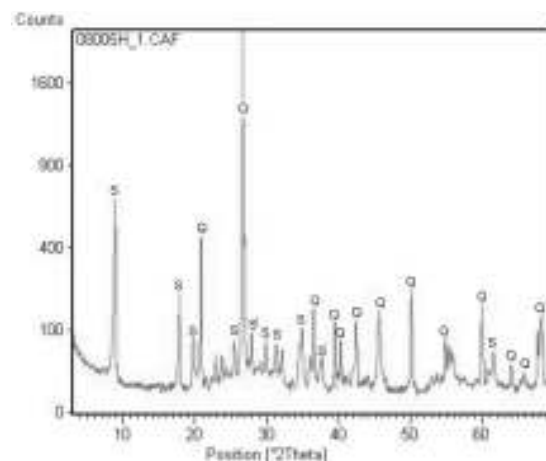
a)



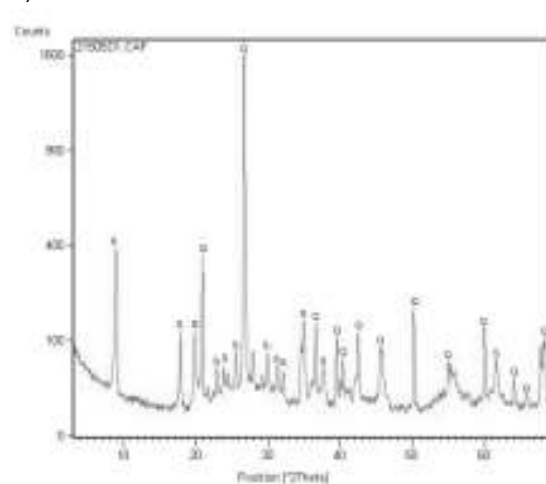
c)



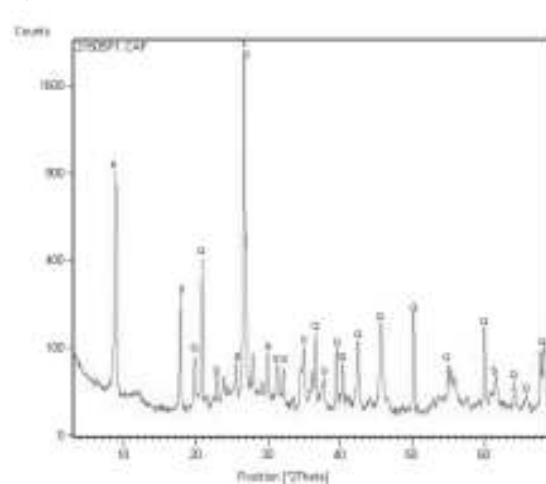
e)



b)



d)



f)

FIGURA 6.34 – Difratoграмas das fácies em estudo. a) fácies de filito branco com caulinita; b) fácies de filito branco sem caulinita; c) fácies de filito preto com caulinita; d) fácies de filito preto sem caulinita; e) fácies de filito róseo com caulinita; f) fácies de róseo sem caulinita. (S – sericita, Q – quartzo, C – caulinita e Cl – clorita).

A Figura 6.35 representa a correlação dos difratogramas obtidos para a fácies branca em sua porção creme. Em razão do grande número de análises dessa porção, os dados foram apresentados em três imagens, a fim de facilitar a visualização. Na Figura 6.36 encontram-se os resultados das análises difratométricas da porção cinza claro da fácies branca.

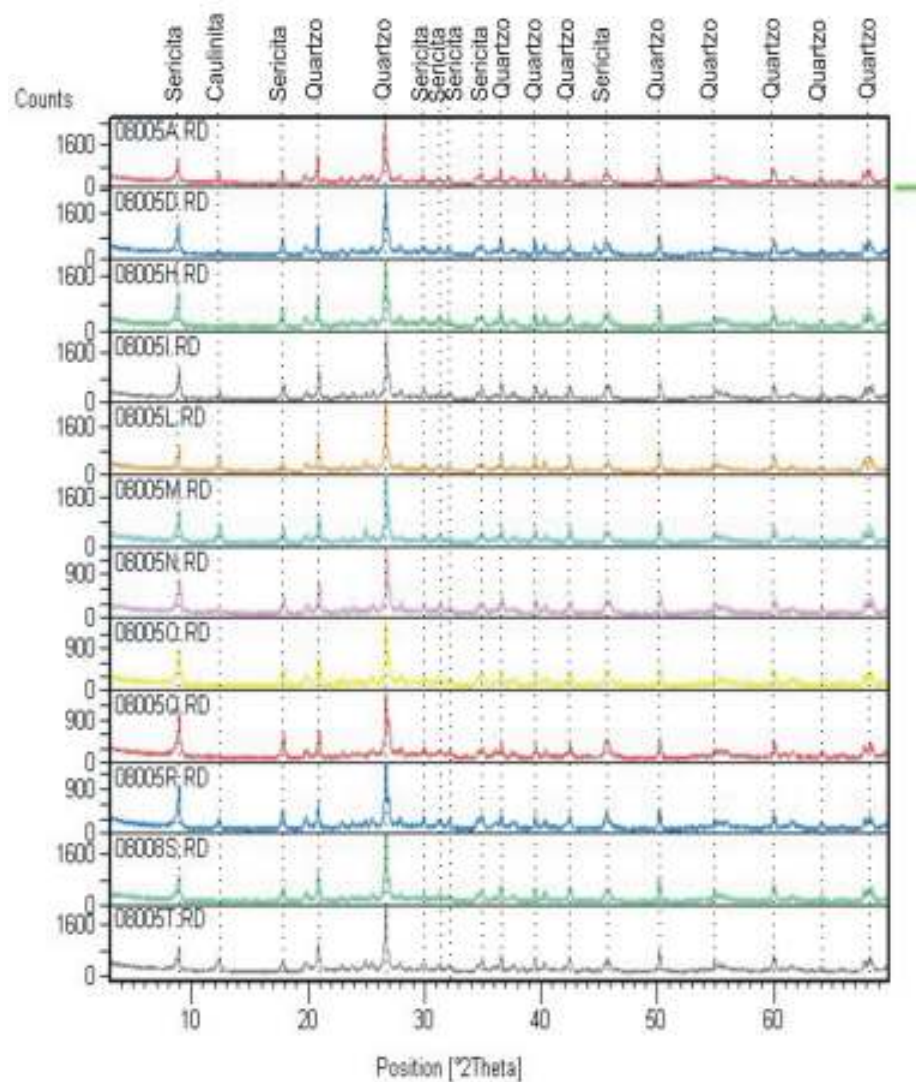


FIGURA 6.35 – Representação, por correlação, de difratogramas obtidos para a porção creme da fácies branca.

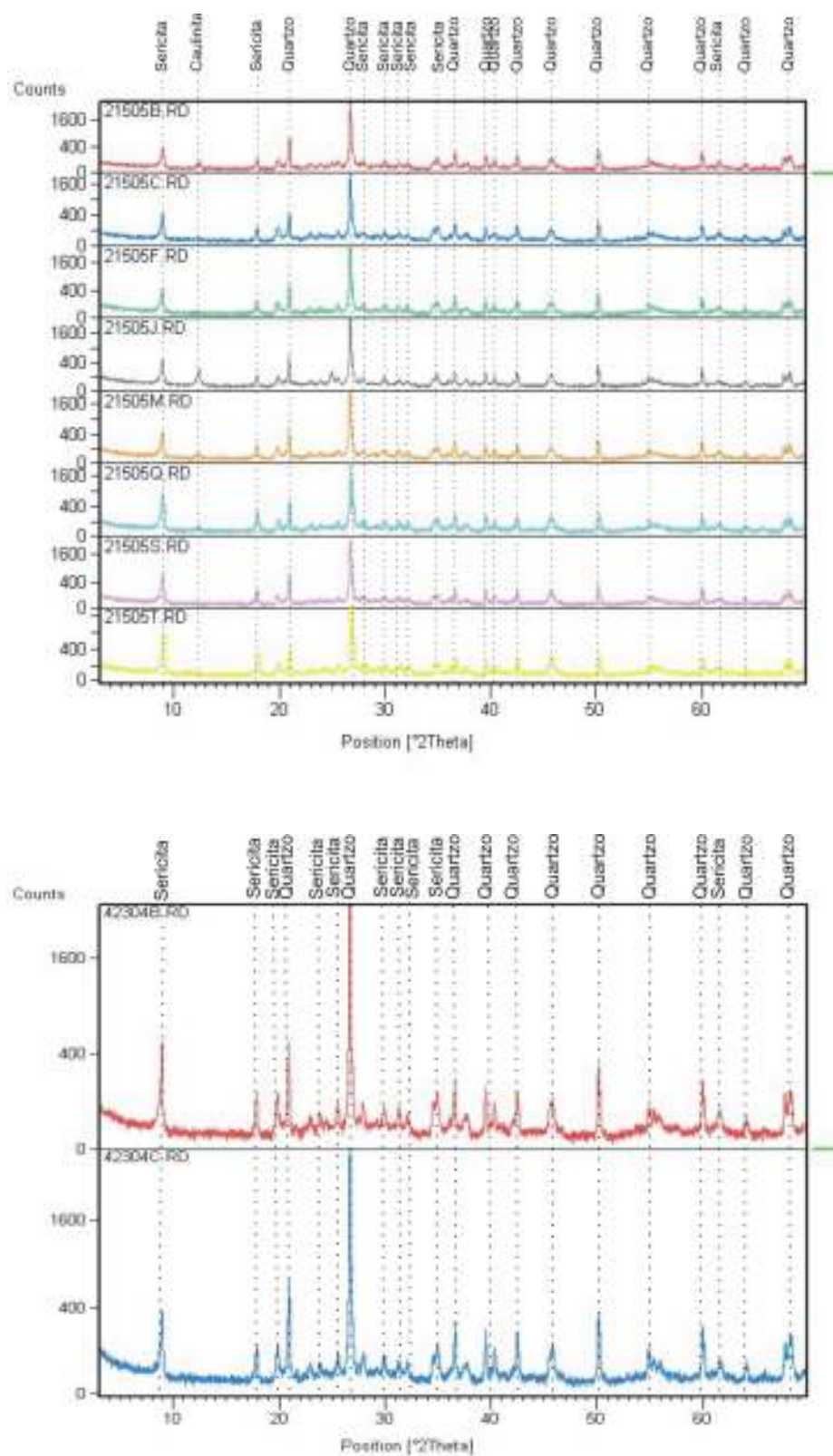


FIGURA 6.35 – Conclusão.

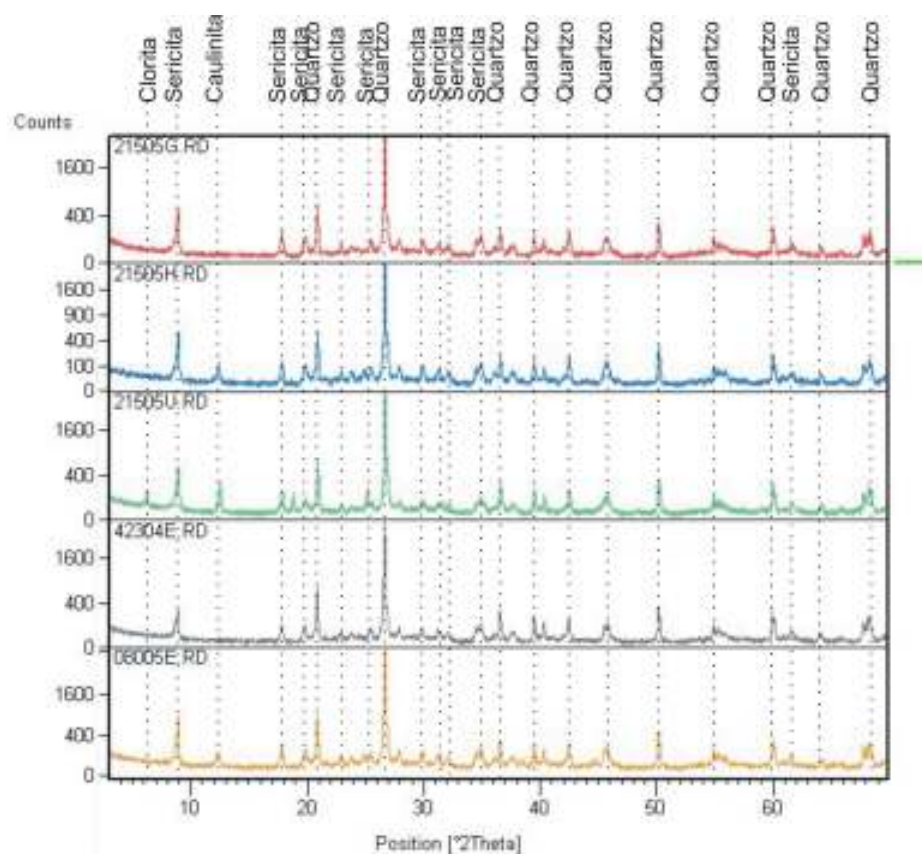


FIGURA 6.36 – Representação por correlação de difratogramas obtidos para a porção cinza claro da fácies branca.

Na Figura 6.37 encontram-se os dados da análise mineralógica da fácies preta, onde pode ser observado que não se definem minerais relacionados à cor escura desta porção.

A análise mineralógica não determinou minerais correspondentes aos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ obtidos na análise química do material. Acredita-se que o $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ esteja presente na rocha apenas na forma de níveis oxidados, ou em razão dos baixos teores não pôde ser detectado no ensaio mineralógico. Os gráficos obtidos na análise mineralógica da fácies rósea encontram-se expressos na Figura 6.38.

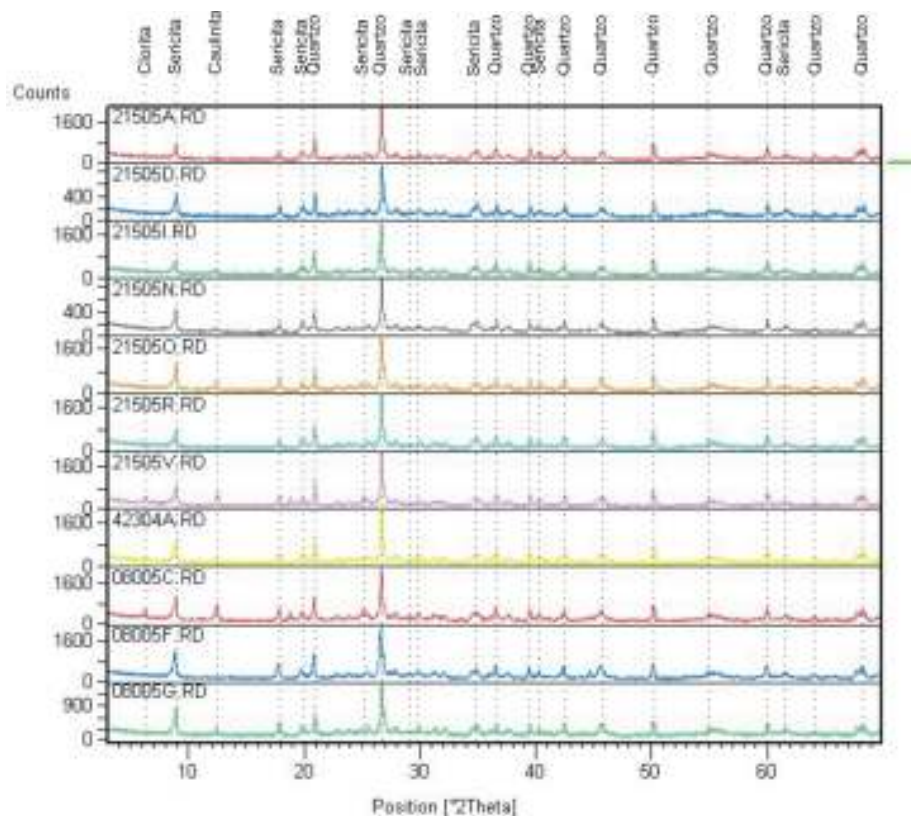


FIGURA 6.37 – Representação por correlação dos difratogramas obtidos para a fácies preta.

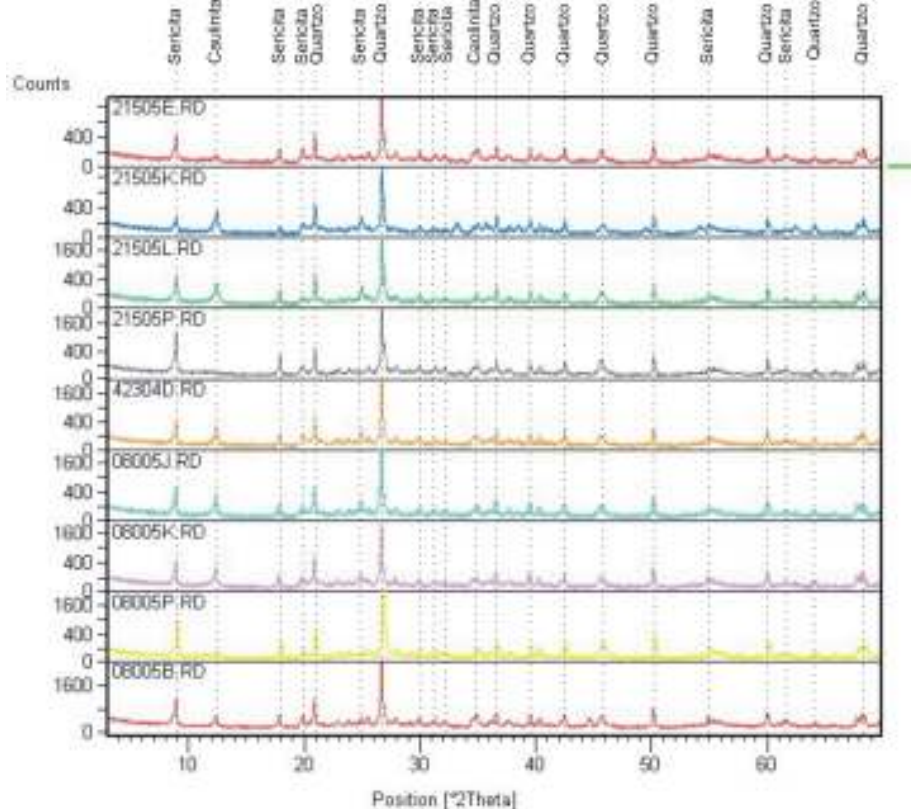


FIGURA 6.38 – Representação por correlação dos difratogramas obtidos para a fácies rósea.

Três das quarenta e sete análises mineralógicas realizadas, caracterizam-se pela ocorrência de picos difratométricos relacionados a clorita. Para se certificar da existência de clorita ou mesmo de argilominerais na rocha, optou-se por empregar a técnica de difração por tratamento para identificação de argilominerais.

Este ensaio foi realizado em quatro amostras, sendo três com a ocorrência de picos difratométricos relacionados a clorita e uma sem a presença desses picos. Os resultados obtidos possibilitaram a confirmação da ocorrência de clorita na rocha, entretanto cabe ressaltar que as amostras que apresentam clorita na assembléia mineralógica são apenas três, as quais respectivamente relacionam-se: a fácies preta (Fig. 6.39), a fácies branca (Fig. 6.40) e porção da interface entre a fácies branca e preta (Fig.6.41).

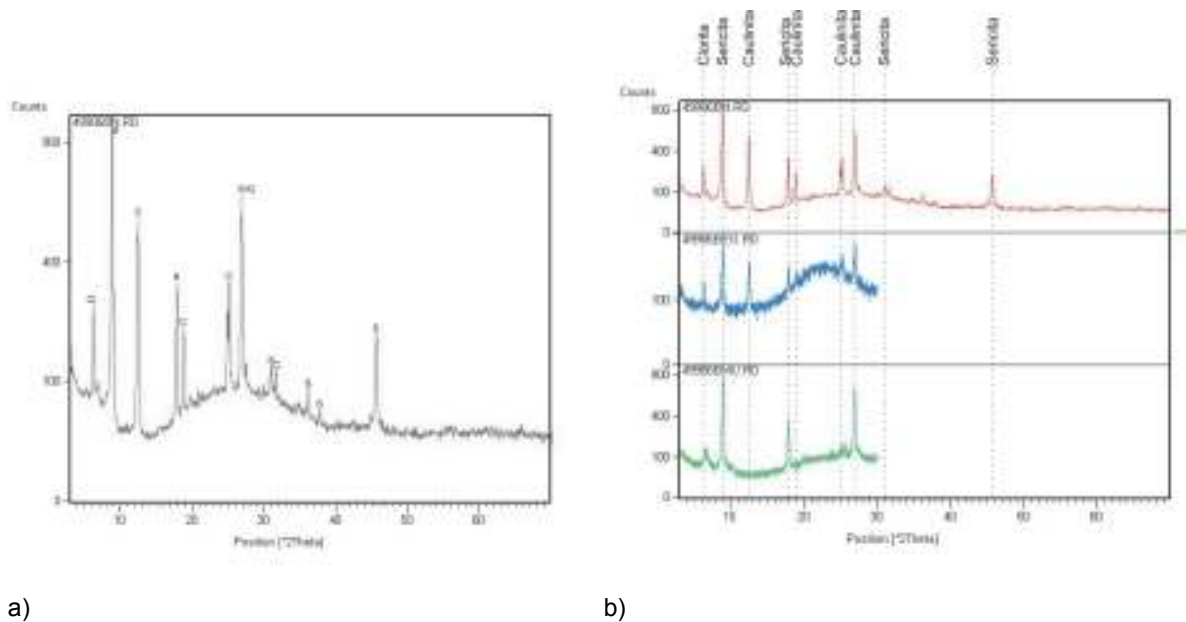


FIGURA 6.39 – Representação difratométrica de uma das amostras com clorita.
(S – sericita, Q – quartzo, C – caulinita e Cl – clorita).

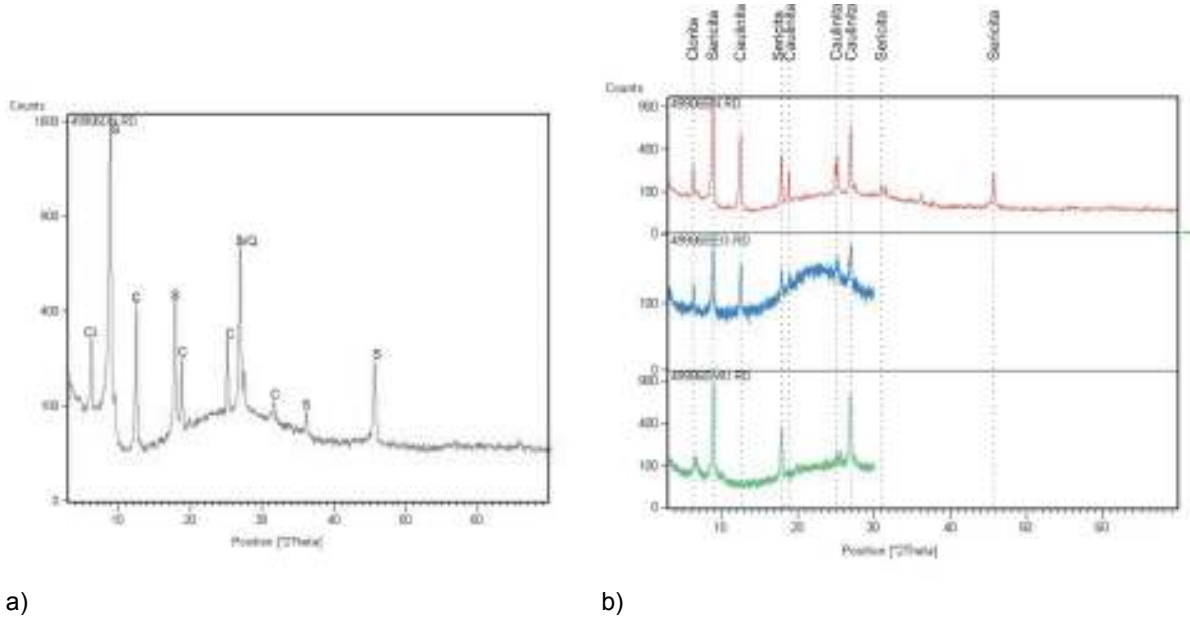


FIGURA 6.40 – Representação difratométrica de uma das amostras com clorita.
(S – sericita, Q – quartzo, C – caulinita e Cl – clorita).

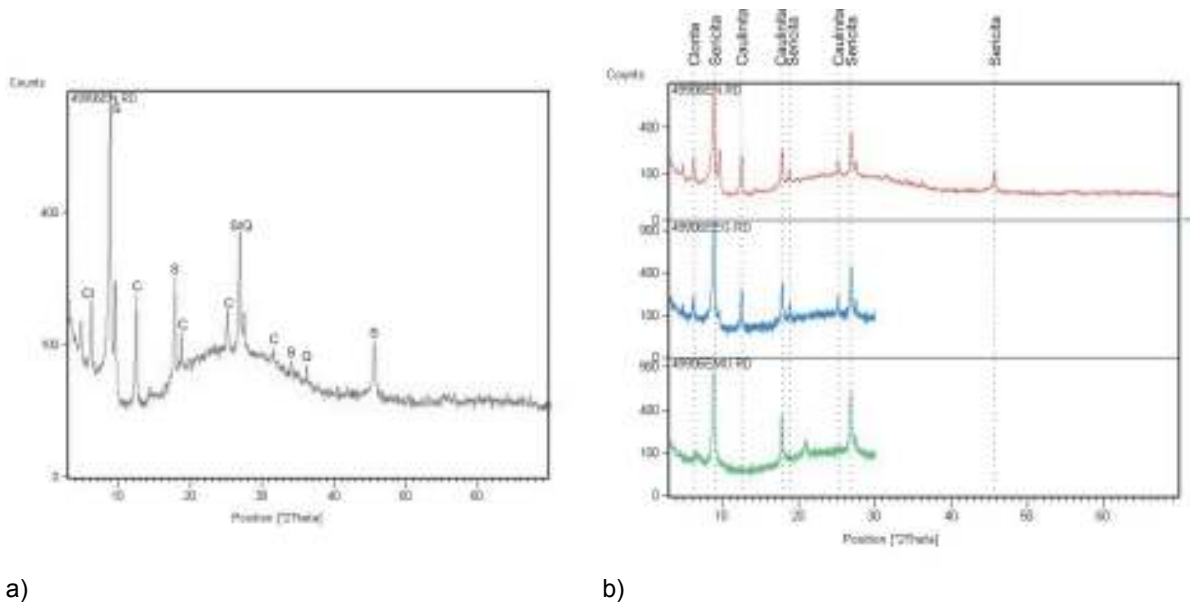


FIGURA 6.41 – Representação difratométrica de uma das amostras com clorita.
(S – sericita, Q – quartzo, C – caulinita e Cl – clorita).

6.2.5 – Análises Tecnológicas

A caracterização física de um material refere-se à determinação das qualidades que desempenha durante ou após o seu emprego. Para um filito cerâmico, a principal característica física restringe-se à cor de queima.

Para o ensaio de cor de queima selecionaram-se amostras representativas de cada fácies, optou-se pelo material mais característico de cada porção do bem mineral. A análise foi realizada por meio de corpos de prova, confeccionados de acordo com as normas utilizadas no processo analítico do LAMIR; corpos de dimensões de 12,5 cm de comprimento, 2 cm de largura e 1 cm de espessura, confeccionados exclusivamente com o filito pulverizado e água deionizada.

Para uma maior informação dos processos analíticos utilizados foi realizado um ensaio granulométrico (granulometria a laser) do material pulverizado empregado nas análises (mineralógicas, químicas e tecnológicas). Este ensaio permitiu a determinação de que 88,86% (Tab. 6.5) do material pulverizado foi reduzido à granulometria igual ou inferior a malha de 325 *mesh* (Fig. 6.42).

Os corpos de prova foram previamente secos em estufa, a uma temperatura máxima de 110°C e depois, com o emprego de *mufas*, queimados em ciclos de queima de três horas, onde as temperaturas máximas atingidas em cada ciclo foram 700°C, 950°C e 1.250°C.

TABELA 6.5 – DADOS GRANULOMÉTRICOS DO MATERIAL PULVERIZADO

ANÁLISE GRANULOMETRICA DO MATERIAL UTILIZADO				
MALHAS (TYLER)	ABERTURA (mm)	PORCENTAGEM RETIDA (%)	PORCENTAGEM EQUIVALENTE (%)	% ACUMULADA ACIMA
100	0,150	0,00	----	----
170	0,090	0,31	0,31	0,31
200	0,075	1,16	1,16	1,47
250	0,063	2,23	2,23	3,70
270	0,053	3,16	3,16	6,86
325	0,043	4,28	4,28	11,14
400	0,036	3,48	3,48	14,62
500	0,028	4,80	4,80	19,42
>635	<0,020	80,58	80,58	100,00

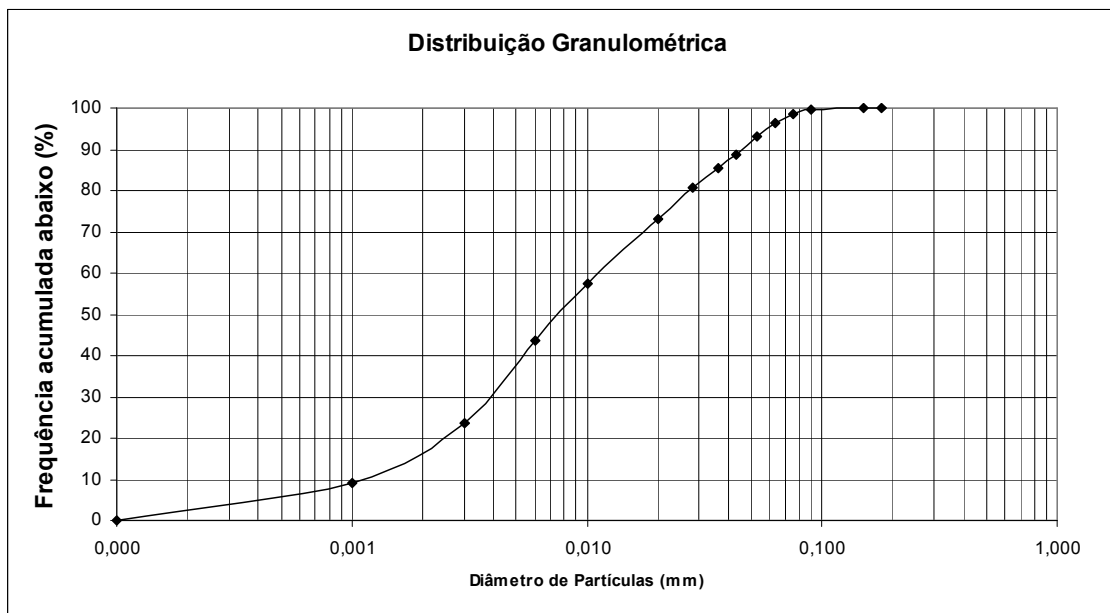


FIGURA 6.42 – Curva de distribuição granulométrica do material pulverizado utilizado nas análises.

As cores obtidas nos distintos ciclos de queima encontram-se representadas na Figura 6.43.

A fácies branca apresenta, como resposta ao ensaio de queima, cores claras (tonalidades de creme) em todas as temperaturas analisadas (Fig. 6.43a). Na fácies preta obtém-se uma oscilação de tons de cinza claro para a menor temperatura até laranja claro para a maior temperatura (Fig. 6.43b). Já a fácies rósea proporciona tons que, com o aumento da temperatura, variam de marrom avermelhado até um laranja forte (Fig. 6.43c).

A cor após queima das distintas fácies do filito em estudo também foi observada durante a realização do ensaio de perda ao fogo (P.F.), onde a temperatura máxima empregada foi da ordem de 1.000°C em ciclo de queima com duração de três horas. Obtém-se colorações claras para a fácies branca e preta e tonalidades mais alaranjadas para a porção rósea do material, o Anexo 1, que expressa uma correlação dos dados obtidos nas análises, contém a cor obtida no ensaio de P. F.

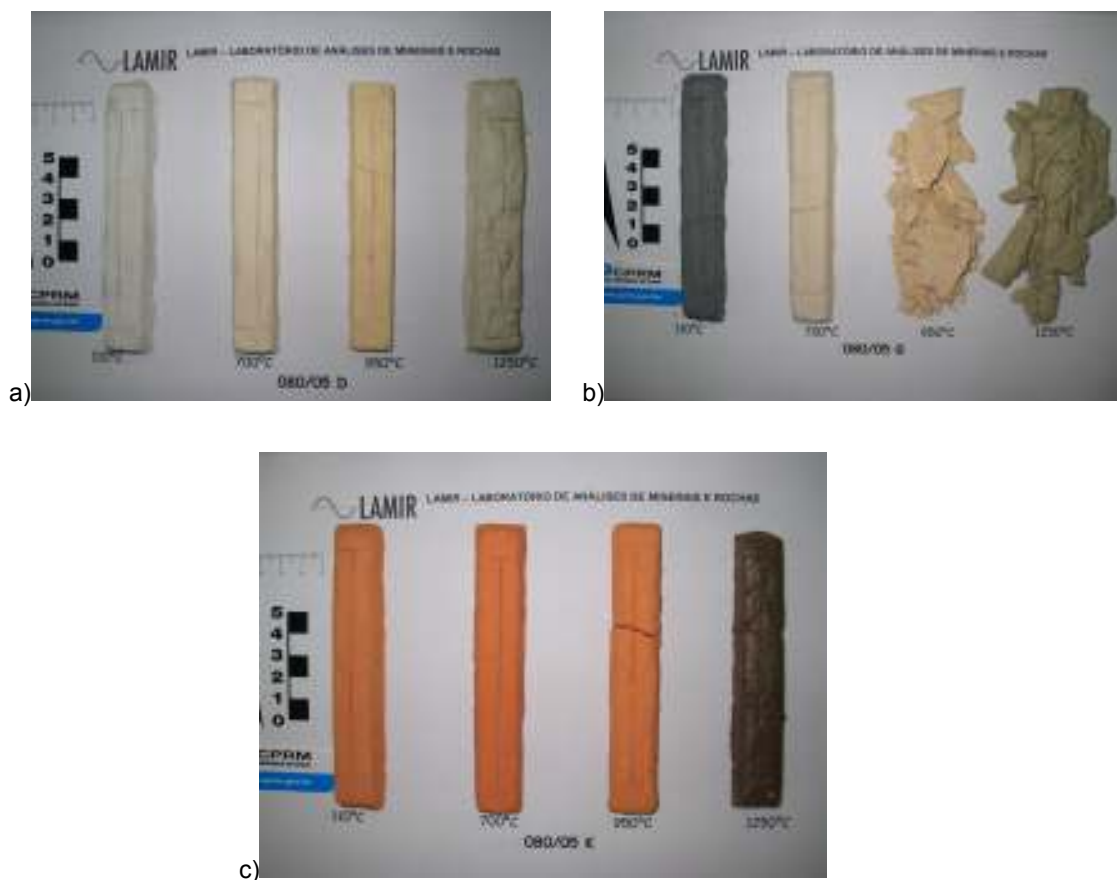


FIGURA 6.43 – Resultados obtidos no ensaio de cor de queima nas temperaturas 110°C, 700°C, 950°C e 1250°C. a) fácies branca; b) fácies preta e c) fácies rósea.

Os corpos de prova utilizados no ensaio de cor de queima também foram empregados para a determinação da retração linear do material de acordo com a temperatura utilizada (Tab. 6.6).

TABELA 6.6 – DADOS MÉDIOS DE RETRAÇÃO DO FILITO EM ESTUDO

Amostras	Porcentagem de retração dos corpos de prova			
	Temperatura Utilizada			
	110°C	700°C	950°C	1.250°C
Fácies branca (080/05 D)	2%	2%	2%	5%
Fácies preta (080/05 G)	2%	1%	fragmentação do corpo de prova	fragmentação do corpo de prova
Fácies rósea (080/05 K)	1%	≤1%	1%	6%

Outro ensaio físico realizado foi o de dilatometria, técnica que analisa as mudanças nas dimensões da amostra de acordo com a temperatura utilizada. Os resultados do teste de dilatometria são apresentados por curvas dilatométricas, onde o eixo das abscissas corresponde à temperatura empregada no ensaio e o eixo das ordenadas aos teores de expansão térmica (DL/Lo).

O ensaio dilatométrico tem aplicações na determinação de parâmetros como: coeficiente de expansão térmica linear e volumétrica, densidade do produto final e etapas de sinterização do produto.

Foram realizadas análises dilatométricas para as três fácies do material em estudo (Fig. 6.44). Como resultado obtém-se os valores de ponto de amolecimento médio e amolecimento final, os quais são muito similares entre si e encontram-se juntamente com dados dos coeficientes de dilatação na Tabela 6.7.

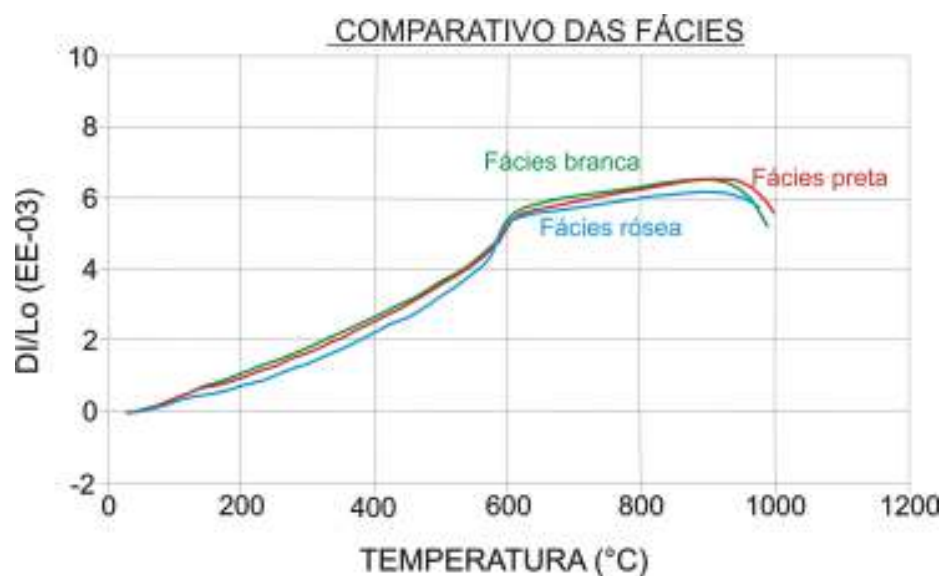


FIGURA 6.44 – Comparativo das curvas de evolução da dilatação linear das fácies em estudo.

TABELA 6.7 – DADOS DILATOMÉTRICOS DO MATERIAL EM ESTUDO

Coeficientes do ensaio de dilatação			
<u>Temperatura</u> (°C)	<u>Expansão Térmica</u> (DL/Lo)		
	Fácies branca	Fácies preta	Fácies rósea
25	0,00	0,00	0,00
200	1,08	1,10	0,66
225	1,27	1,30	0,79
300	1,90	1,96	1,30
325	2,10	2,17	1,47
400	2,67	2,78	1,97
425	2,88	3,01	2,16
500	3,73	3,91	2,95
525	4,10	4,28	3,30
600	5,25	5,39	4,42
625	5,58	5,70	4,76
700	6,16	6,25	5,37
725	6,22	6,32	5,43
800	6,31	6,47	5,48
825	6,39	6,56	5,52
900	6,59	6,85	5,76
925	6,48	6,82	5,76
Ponto de amolecimento médio (°C)	561	555	565
Ponto de amolecimento final (°C)	897	921	933

CAPÍTULO 7 – ASPECTOS PETROGENÉTICOS

7.1 – METAMORFISMO ATUANTE

A determinação do metamorfismo atuante na rocha, expresso por meio de fácies metamórfica, pode ser reconhecido a partir da associação mineralógica. Cada fácies metamórfica possui uma pressão e uma temperatura características, à medida que as rochas formadas sob pressões mais elevadas tendem a ter minerais mais densos que rochas de mesma composição metamorfasadas a pressões mais baixas. A temperatura pode exercer influência nas classes de minerais cristalizados ou nas reações de devolatilização atuantes na rocha, dessa forma, quanto maior for a temperatura, maior é a favorabilidade da liberação de voláteis, em especial H_2O e CO_2 (ESKOLA 1922 apud YARDLEY 1994).

Com base na assembléia mineralógica principal da rocha em estudo (quartzo + sericita), observando-se a grande porcentagem de sericita, pode-se afirmar que o metamorfismo que originou a rocha foi de baixo grau, pertencente à fácies xisto verde, não excedendo a zona da clorita e/ou biotita. A existência de grande quantidade de sericita favorece a definição de um metamorfismo de baixo grau, pois segundo YARDLEY (1994), o metamorfismo de grau médio a alto tende a favorecer a cristalização de feldspato alcalino no lugar de sericita.

A definição de que a zona metamórfica não excedeu a zona da biotita deve-se à ausência de feldspato oligoclásio-andesina na assembléia mineralógica da rocha. Conforme WINKLER (1978), este mineral marca o final da zona da biotita.

Como outros indicativos do baixo grau metamórfico atuante na área têm-se a baixa densidade dos minerais constituintes da assembléia mineralógica e a granulação extremamente fina da rocha.

O processo metamórfico atuante na rocha pode ser correlacionado ao primeiro evento metamórfico citado por SZABÓ et al. (2006) para as rochas do Grupo Itaiacoca.

De acordo com MASON (1971) aspectos químicos podem ser utilizados para estabelecer a origem de rochas metamórficas a partir das rochas sedimentares. Um destes fatores é o teor de alumina; caso esse teor ultrapasse 5% em rochas metamórficas, possivelmente, a rocha pretérita é sedimentar, por outro lado se o valor de alumina exceder a 10% é provável que a rocha pretérita seja sedimentar.

Outro fator é o teor de sílica, a presença de teor maior que 80% indica a origem em rochas sedimentares. Com base nos dados das análises químicas, onde o teor de alumina é maior que 10% e a sílica normalmente é superior a 80%, pode-se confirmar a origem em sedimentos proterozóicos para o litotipo em estudo.

7.2 – EVENTOS DEFORMACIONAIS ATUANTES

Os principais indícios deformacionais caracterizados pelo desenvolvimento de clivagem ardosiana (S_n), crenulação (S_{n+1}) e pelos processos de fraturamentos e dobramentos descritos na rocha são compatíveis com os indícios deformacionais descritos por THEODOROVICZ et al. (1988), SZABÓ et al. (2006) e SIGA JÚNIOR et al. (2003) para os litotipos do Grupo Itaiacoca.

O dobramento, que na maioria das vezes é composto por dobras abertas de eixos subhorizontais, pode ser correlacionado à primeira das três fases de dobramentos citadas por THEODOROVICZ et al. (1988) para as rochas do Grupo Itaiacoca. Segundo THEODOROVICZ et al. (1988) esta primeira fase é marcada por dobras com plano axial NE e ENE e mergulhos fortes geralmente para SE e eixos subhorizontais.

As falhas observadas na área podem ser correlacionadas aos falhamentos descritos por THEODOROVICZ et al. (1988) e relacionadas ao segundo e terceiro eventos deformacionais atuantes no Grupo Itaiacoca, gerando falhas retilíneas a subretilíneas com planos de mergulho de alto ângulo, provenientes de dois sistemas transcorrentes, um dextral mais antigo de direção EW e outro sinistral com direção NNE, sendo que, na área em estudo, o sistema dextral encontra-se mais evidente.

Eventos deformacionais normalmente influenciam nos processos mineralizadores. A ocorrência de processos estruturais ou a sobreposição desses eventos são bibliograficamente relacionados à formação de depósitos minerais ou ao favorecimento da percolação e circulação de fluidos (ROSTIROLLA et al. 2002).

Os processos de flexão que expressam geometricamente o dobramento e comportamento plástico dos materiais podem ocasionar a concentração de bens minerais em porções específicas das dobras, com favorecimento da concentração mineral nas porções da charneira das dobras, ou através da orientação e adelgaçamento das camadas a formação de níveis de diferentes permeabilidades que permitem a percolação, o fluxo ou a retenção de fluidos mineralizadores,

restringindo suas atuações. Podem também os dobramentos, em casos de dobras de arrasto, ocasionar através de inversões estratigráficas o acúmulo de bens minerais.

As ações de eventos rúpteis, em algumas hipóteses, chegam a influenciar na constituição e ocorrência de depósitos minerais, favorecendo e controlando a migração, acúmulo e ação de agentes mineralizadores.

7.3 – DIFERENCIAÇÃO FACIOLÓGICA

Em relação ao tempo geológico, baseando-se em que o material da fácies branca possui uma analogia com a ocorrência de fraturas, e os diques não exercem qualquer influência na distinção das fácies do filito, pode-se definir que possivelmente o processo que atuou na rocha deve ter ocorrido durante ou após o Cambro-Ordoviciano. Este período, de acordo com THEODOROVICZ et al. (1988) e SZABÓ et al (2006), é marcado por granitogênese e grandes cisalhamentos na região, entretanto, como o Juro-Cretáceo é correlacionado às principais intrusões de diques na região (CPRM 1986), esse período foi tomado como limite para a atuação do processo de diferenciação faciológica da rocha.

O intervalo de tempo considerado como possível para a ocorrência da diferenciação faciológica permite postular uma provável influência da Formação Furnas, seja pelos processos deposicionais ou pela circulação de fluidos posteriores à diagênese. A Formação Furnas na região de Itapeva é constituída, principalmente, por arenitos que possuem níveis conglomeráticos em sua base e trata-se, conforme SOUZA e SOUZA (2000), de uma unidade litoestratigráfica sedimentada por contatos discordantes, sobre uma superfície geralmente muito erodida; podendo ter permitido a percolação de fluidos, que atuaram nas rochas sotopostas ao Furnas.

Ao tratar dos processos que originaram o material em estudo, cabe relatar as duas teorias descritas por SOUZA e SANTOS (1964) e SANTOS (1992) para a diferenciação desta rocha: uma decorrente da ação hidrotermal de águas ricas em potássio; e a outra que postula a decomposição por intemperismo, em temperatura ambiente, de minerais como o feldspato. Nesta última as condições propiciaram a retenção total ou parcial das águas de lixiviação, favorecendo a formação, primeiramente da sericita pela perda parcial do potássio e posteriormente pela intensificação do processo e perda total do potássio o desenvolvimento da caulinita.

Entretanto, os dados obtidos no desenvolvimento deste trabalho mostram que as hipóteses descritas acima não se enquadram nas condições atuantes na rocha, pois não foram observados feldspatos na assembléia mineralógica, e a sericita existente é proveniente dos sedimentos metamorfisados que originaram a rocha em estudo.

Porém, baseando-se nas informações bibliográficas e nos dados dos trabalhos de campo e análises laboratoriais, postulam-se teorias para a distinção faciológica da rocha.

Estas teorias reconhecem a ação de fluidos, em especial a água, ao longo da superfície ou de fraturas previamente existentes. Das teorias propostas, uma baseia-se em água gerada pelo processo metamórfico, enquanto que a outra em água derivada de processos superficiais, dentre eles a precipitação.

7.3.1 – Teoria Baseada em Águas Metamórficas

As rochas sedimentares são compostas por grãos de minerais que possuem, na maioria das vezes, água combinada à estrutura química. Estes grãos hidratados ao serem submetidos à temperatura e pressão de formação das rochas metamórficas convertem-se em fases menos hidratadas, onde as águas expelidas pela rocha são chamadas de águas metamórficas. Após a expulsão, normalmente migram para a superfície da Terra, onde se misturam com as águas meteóricas e perdem a peculiaridade da sua formação (DREVER 1988).

As reações metamórficas que consomem ou liberam fluidos são conhecidas como reações de devolatilização, sendo os principais fluidos que atuam durante o metamorfismo H_2O e CO_2 (YARDLEY 1994).

A devolatilização atua de forma cíclica, o aumento da pressão de fluidos tende a liberar mais fluidos, intensificando o processo (YARDLEY 1994). O limite de atuação desse processo é definido pela pressão litostática e resistência da rocha à tensão, ao superar esse limite a rocha tende a fraturar por processos hidráulicos. Essa situação nem sempre é alcançada, de modo que algumas rochas tornam-se suficientemente permeáveis permitindo o escape do fluido gerado sem causar fraturas (YARDLEY 1994).

Entretanto a temperatura inicial do processo de devolatilização é relacionada à faixa de 450°C a 500°C, temperaturas normalmente compatíveis com a transição

da fácies xisto-verde para a fácies anfibolito. Porém, ambientes com baixas taxas de salinidade favorecem a ocorrência de devolatilização nos patamares de 450°C (YAMAGUTI e VILLAS 2003 e SOARES 1995). Outro fator que reduz a temperatura inicial do processo de devolatilização é a pressão de água nos poros da rocha, pressões baixas favorecem a liberação de fluidos em temperaturas mais baixas (fácies xisto verde) (YARDLEY 1994).

Uma possível origem para a diferenciação faciológica é a atuação dos fluidos do processo metamórfico (devolatilização) que originou a rocha. Os fluidos gerados teriam sido liberados através das fraturas nas porções de maior profundidade e/ou por meio do aumento da permeabilidade da rocha nos níveis superiores dos depósitos. A liberação desses fluidos acarretaria a diferenciação faciológica, através do “carreamento” do material oxidado e/ou carbonoso presente na rocha, originando as porções de cor creme da fácies branca.

Todavia esta teoria é desfavorecida pelo grau metamórfico o qual a rocha foi submetida, pois o metamorfismo atuante na região é relacionado a um baixo grau (fácies xisto verde na zona da clorita) e o processo de devolatilização normalmente ocorre em graus metamórficos maiores (fácies xisto verde/anfibolito).

7.3.2 – Teoria Baseada em Águas Superficiais

Uma das principais fontes de águas superficiais é a chuva, onde, em vez das águas serem neutras ($\text{pH}=7$) são mais ácidas ($\text{pH}\leq 6$), pois absorvem por dissolução CO_2 , SO_2 e NO_2 atmosféricos. A água é um reagente químico muito eficiente, e ao levar pequenas quantidades de CO_2 atmosférico, origina o ácido carbônico (H_2CO_3), tornando-se um ácido fraco que, ao penetrar nos interstícios, diáclases e fendas das rochas, age de forma contínua sobre a superfície (GARRELS 1960, GOMES 1988 e BIGARELLA et al. 1994).

Dentre os líquidos naturais, a água é o maior solvente, não podendo ser comparada a nenhum outro líquido pelo número de substâncias que pode dissolver e nem pela capacidade de manter elementos em solução (MASON 1971). As propriedades da água são reflexos de sua estrutura molecular, onde as ligações entre os hidrogênios e o oxigênio proporcionam uma molécula aproximadamente esférica, com distribuição desigual de sua carga e uma força coesiva muito elevada, maior do que a de qualquer outro líquido da natureza (MASON 1971).

A ocorrência da água na natureza compreende ciclos marcados pela precipitação, evaporação e circulação superficial e subterrânea; tais ciclos começaram a operar há aproximadamente 3.900 Ma. A circulação da água acrescida a CO_2 , é capaz de desagregar a maioria dos minerais existentes, originando novos compostos (RANKAMA e SAHAMA 1954, GARRELS 1960 e TARDY 1989).

Os principais fatores que controlam o intemperismo desempenhado pela água, seja na superfície terrestre, nos poros existentes nas rochas e sedimentos, ou ao longo das fraturas e diáclases por onde percola, são a taxa de pH e Eh (GARRELS 1960).

O pH representa o teor de íons hidrogênio (em água pura em temperatura de 20°C o pH é 7,0). Se a concentração desse íon for maior do que o da água pura, na mesma temperatura, diz-se que a solução é ácida, caso contrário é alcalina. O Eh é a tendência de um ambiente produzir reações de oxidação ou redução, representando assim o potencial de oxi-redução de um material, com valor grandemente influenciado pelo O_2 e matéria orgânica presente no ambiente (GARRELS 1960, MASON 1971 e SUGUIO 2003).

De acordo com FAIRBRIDGE (1967) apud FENZL e RAMOS (1988) o limite das ações oxidantes da água, geralmente, é a zona de variação do nível da água subterrânea, onde a profundidade desta zona varia de acordo com as condições climáticas e geológicas atuantes na área, por exemplo, águas enriquecidas em oxigênio podem atuar de forma oxidante em grandes profundidades ao penetrar através de fendas ou fraturas existentes na rocha.

Em condições superficiais, a maioria das águas percolantes têm pH entre 5 e 9, sendo as principais reações intempéricas a hidratação, dissolução, hidrólise e oxidação (TOLEDO et al. 2000). A hidrólise, principal ação intempérica da água, é um processo de decomposição mineral que atua pela dissolução da molécula da água em íons H^+ e OH^- ; sofre grande influência das condições ambientais, onde a água não é apenas o solvente, podendo também atuar como reagente (FENZL e RAMOS 1988, BIGARELLA et al. 1994, SALOMÃO e ANTUNES 1998 e TOLEDO et al. 2000).

O processo de hidrólise pode ser classificado de duas formas: hidrólise total, marcada pela eliminação total da sílica e do potássio presentes na rocha, processo que ocorre em ambiente de elevada pluviosidade e drenagem muito eficiente; e

hidrólise parcial, em ambientes de drenagem menos eficiente, quando a sílica tende a permanecer no perfil e o potássio é total ou parcialmente eliminado. Neste processo o potássio e a sílica podem reagir com o alumínio e formar aluminossilicatos hidratados (argilominerais) (TOLEDO et al. 2000).

Os dados analíticos do material em estudo demonstram a variação nos teores de ferro e a mudança da cor das fácies rósea e preta para a fácies branca, sem alteração textural e/ou estrutural da rocha. Estas informações permitem definir que a hidrólise parcial representa, dentre as reações relacionadas com a ação de fluidos, a que melhor corresponde aos fatores atuantes na rocha. Visto que a hidrólise é um processo intempérico de mobilização química, que atua em ambientes superficiais em condições relativamente ácidas pela dissolução da molécula de água.

As Figuras 6.28 e 6.31, que são diagramas de variação dos teores de SiO_2 e Al_2O_3 determinados para as fácies do material em estudo, evidenciam a mobilização química que resultou nas porções creme da fácies de filito branco. Estas porções, que através da análise química, se qualificam pelos maiores teores de sílica, corroboram com a teoria da ação de hidrólise parcial na rocha.

7.3.2.1 – Solubilidade mineral

A diferenciação faciológica da rocha está relacionada à mobilização de elementos ou compostos químicos, considerando-se informações a respeito das condições de mobilidade química do ferro e dos materiais carbonosos, compostos relacionados à variação dos teores químicos das fácies.

A dissolução do ferro é complexa, sendo que os compostos ferrosos são mais solúveis em água do que os férricos, a redução destes, pela ação de ácidos orgânicos (húmicos) dissolvidos em água, constitui um processo importante para a remoção (lixiviação) dos compostos de ferro do manto de intemperismo (GARRELS 1960). A oxidação do ferro realiza-se de modo mais complexo em solução alcalina do que em ácida, o que se ajusta com a observação de que o ferro dissolvido é mais comum nas correntes de águas ligeiramente ácidas (KRAUSKOPF 1972).

A ação oxidante da água pode ser reduzida ou mesmo anulada pela ocorrência de substâncias orgânicas ou íons como Fe^{2+} , Mn^{2+} , S^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ , H^+ , OH^- que podem reduzir a quantidade de oxigênio disponível na água ou estabelecer

condições redutoras se o aporte de oxigênio for insuficiente. A presença de substâncias carbônicas indica condições redutoras do ambiente (KRAUSKOPF 1972 e FENZL e RAMOS 1988). Os compostos de carbono, na sua maioria, podem ser classificados como insolúveis; os solúveis, muitas vezes, não se ionizam ou adquirem ionização muito fraca. Estas características exprimem que as reações com compostos de carbono são geralmente lentas quando ocorrem à temperatura ambiente (KRAUSKOPF 1972).

A degradação apenas parcial do material carbonoso gera vários tipos de ácidos húmicos, os quais poderão ser transportados pelas águas percolantes, aumentando o poder de acidez e mobilidade química das águas, intensificando o processo intempérico (GUIMARÃES 1963 e TOLEDO et al. 2000).

De acordo com YARDLEY (1994) a maior parte da movimentação química dentro da assembléia mineralógica de uma rocha, exceto sob temperaturas elevadas, ocorre por difusão ao longo de seus limites e não nos retículos cristalinos dos minerais. Um exemplo é a tendência do carbono combinar-se com os minerais de ferro férrico, acarretando a liberação de CO_2 , que é eliminado juntamente com os outros fluidos existentes na rocha sem interferir nos retículos cristalinos dos minerais.

Baseando-se nos resultados das análises realizadas, postula-se que a formação da porção creme da fácies branca ocorreu pela mobilização do $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ e do material carbonoso, que combinados com a ação de hidrólise parcial, atuaram acarretando a distinção entre as fácies (cores e teores químicos).

7.3.2.2 – Processo de diferenciação

Os dados de campo mostram que o material creme da fácies branca, tido como produto da diferenciação faciológica, encontra-se preferencialmente concentrado nas porções superiores dos depósitos. Suas ocorrências em maiores profundidades normalmente relacionam-se à existência de fraturas. O grau metamórfico atuante na rocha foi fácies xisto verde zona da clorita e/ou biotita. Considerando-se estas informações e devido as condições muito específicas (temperatura, pressão e salinidade) para justificar a ação de fluidos finais do processo metamórfico, julga-se viável a teoria baseada na ação de águas superficiais (hidrólise) como possível causa da diferenciação faciológica do material.

Os processos deformacionais atuantes na área certamente interferiram na diferenciação do material. Dentre as fraturas, falhas e zonas de cisalhamento foram determinadas algumas fraturas relacionadas com a ocorrência do material de cor creme. Estas fraturas normalmente estão ladeando ou inseridas nas porções desse material. Já o dobramento observado na área pode ter interferido na disposição faciológica do material, pois se caracteriza em níveis rochosos dobrados constituídos por grande concentração de filossilicatos (sericita). A concentração de sericita, mineral que possui a peculiaridade de ser impermeável, pode ter agido como agente direcionador dos fluidos que ocasionaram a diferenciação do material.

Reconhecendo que a diferenciação do material possivelmente ocorreu por hidrólise, duas hipóteses de atuação do processo podem ser formuladas. A primeira, tomando como base que o material original era composto exclusivamente pela fácies de filito preto. Após a sua formação e atuação dos eventos deformacionais, este material foi afetado pela ação de águas superficiais, ocasionando uma mobilização química em grande parte do depósito mineral. A mobilização possibilitou a concentração de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ nas porções de menor altitude da região, formando o material da fácies rósea, e a total ou parcial mobilização química ($\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ e material carbonoso) com redução dos teores de alumina acarretando a formação da porção creme da fácies de filito branco.

A outra hipótese postulada é baseada na formação, a partir do processo metamórfico, de níveis róseos, cinzas e pretos que foram dobrados e fraturados. Estes níveis, após o processo de hidrólise tiveram a mobilização de $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ (em especial da porção rósea) e de material carbonoso (em especial da porção preta) originando as porções creme da fácies de filito branco. Nesta hipótese as porções da fácies rósea, preta e cinza claro da fácies branca teriam se originado pela sedimentação de diferentes teores de material carbonoso e ferro, e apenas a porção creme da fácies branca relacionada à ação de hidrólise.

CAPÍTULO 8 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A caracterização do material baseou-se nas análises petrográfica, química, física e mineralógica do filito, buscando definir causas e parâmetros da diferenciação faciológica.

Definem-se três fácies para os depósitos de filito. A fácies branca composta por duas porções, uma de cor cinza claro, concentrada em níveis concordantes com a S_0 da rocha, e outra de cor creme, material de maior valor comercial, disposto principalmente nos níveis superiores dos depósitos ou associada a fraturas de direção NW e mergulhos NE.

A origem da porção de cor creme, relaciona-se com a ocorrência de processos intempéricos, os quais favoreceram a mobilização química e a redução nos teores de alumina, material carbonoso e óxidos e/ou hidróxidos de ferro.

A teoria postulada que melhor representa a situação descrita baseia-se na ação de águas superficiais com pH relativamente ácido, que devido à ação de hidrólise parcial propiciou a mobilização química.

A segunda fácies em estudo é de cor rósea, caracterizada por maiores teores de Fe_2O_{3total} . Sua formação relaciona-se a duas possíveis hipóteses: uma a partir dos processos sedimentares, formadores das rochas pré-metamorfismo, que favoreceram a maior concentração de sedimentos ricos em ferro; e a outra, posterior ao metamorfismo, relacionada ao processo de mobilização química que favoreceu a concentração do ferro, formando os bolsões do material.

E ainda a fácies preta, como terceira porção encontrada no depósito mineral, a qual esta relacionada aos processos sedimentares que favoreceram a deposição de sedimentos ricos em material carbonoso.

Petrograficamente as três fácies são muito similares, diferindo apenas na porcentagem de minerais opacos e na ocorrência de níveis de material oxidado na rocha, estando na fácies rósea a maior ocorrência desses níveis oxidados e na fácies branca a menor.

Mineralogicamente, as três fácies possuem uma assembléia composta essencialmente por quartzo e sericita, algumas vezes caulinita e mais raramente clorita. A caulinita encontra-se ausente nas amostras menos intemperizadas,

normalmente nas porções cinza claro da fácies branca ou nas porções de cor escura das fácies rósea e preta.

Quimicamente, os melhores resultados para a caracterização do material são os teores do óxido de ferro ($\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{total}}$) e perda ao fogo (P.F.). Os teores do óxido de ferro, composto que pode inviabilizar o emprego no ramo da cerâmica branca, apresenta uma grande variação, onde a fácies rósea possui os maiores teores, podendo chegar até 4,61% e a fácies branca os menores (aproximadamente 1%).

A fácies preta apresenta valores elevados de perda ao fogo quando comparada à fácies branca, fato que, acrescido à cor escura da fácies, vem favorecer a definição da existência de material carbonoso.

Com base na análise mineralógica, não se obtém resultados que identifiquem minerais ligados à ocorrência do material carbonoso, possivelmente em razão do baixo grau metamórfico a que a rocha foi submetida, fácies xisto verde, não excedendo a zona da clorita ou biotita, impossibilitando a cristalização desse material.

Em relação aos teores de álcalis, sílica e alumina a rocha em estudo possui condicionantes que justificam seu uso na indústria da cerâmica branca, em razão dos menores teores de perda ao fogo e $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ o material de melhor qualidade concentra-se na porção creme da fácies branca.

A análise física confirma a definição da fácies branca como a mais indicada para o emprego no ramo de cerâmica branca. Entretanto, nos testes realizados, a fácies preta apresenta para as temperaturas 700 e 950°C características similares à fácies branca. A cor obtida para a fácies preta pode ser justificada em razão dos procedimentos analíticos utilizados que permitiram a “volatilização” do material carbonoso presente na rocha. Dados da Mineração Itapeva Ltda demonstram a ocorrência de coração negro em peças confeccionadas com o filito da fácies preta, ficando assim o seu emprego condicionado a mudanças nas condições analíticas na produção dos artefatos cerâmicos ou no emprego de técnicas de beneficiamento da matéria-prima.

A diferenciação faciológica observada no filito justifica o seu amplo emprego industrial, onde a fácies branca em razão de suas características é qualificada para o ramo de cerâmica branca. A fácies rósea e preta devem ser melhor direcionadas ao

comércio. A porção preta, por meio da adaptação dos processos industriais ou emprego de técnicas que permitam uma oxidação do material carbonoso, buscando viabilizar e igualar suas características com as obtidas atualmente para a fácies branca.

A fácies rósea, em razão dos maiores teores de ferro não pode ser utilizada no ramo da cerâmica branca, porém, como já vem ocorrendo, deve ser direcionada para outros campos industriais, em especial o emprego como *fillers*.

REFERÊNCIAS

ALAMO TECNOLOGIA. 2006. **Portal Nosso São Paulo**. Disponível em: <http://www.nossosaopaulo.com.br/Reg_08/Reg08_itapeva.htm> Acesso em: 10 set. 2006.

ALBERS, A. P. F.; MELCHIADES, F. G.; MACHADO, R.; BALDO, J. B.; BOSCHI, A. O. 2002. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X (A simple method for the characterization of clay minerals by X-ray diffraction). **Cerâmica**, São Paulo, v. 48, n. 305, p. 34-37, jan./fev./mar. 2002.

ALMEIDA, F. F. M. de; 1944. *Collenia Itapevensis sp. n.* – um fóssil pré-cambriano do Estado de São Paulo. **Bol. da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 45, p. 89-106.

ALMEIDA, F. F. M. de; 1956. Novas Ocorrências de Fósseis no Pré-Cambriano Brasileiro. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 28, 4., 1956, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo. p. XLIV – XLV.

ALMEIDA, F. F. M. de; 1957. Novas Ocorrências de Fósseis no Pré-Cambriano Brasileiro. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 29, 1., 1957, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo. p. 63 – 72.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO (ANFACER). 2006. **Revestimentos Cerâmicos dos Brasil**. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br>> Acesso em: 21 jan. 2007.

ANGELERI, F. B.; SANTOS, P. S.; PAIVA NETTO, J. E. de.; NASCIMENTO, A. C. 1960. Características Físico-Químicas e Tecnológicas de Materiais Cerâmicos designados usualmente por Filitos. **Cerâmica**, São Paulo, v. 6, n. 22, ano 6, p. 2-15, jun. 1960.

ANGELERI, F. B. 1966. Argilas, Caulins e Filitos para Grês Sanitário. **Cerâmica**, São Paulo, v. 12, n. 47/48, p. 223-232.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). 2002a. **Anuário Brasileiro de Cerâmica**. São Paulo: ABC, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). 2002b. **Conceitos**. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>> Acesso em: 22 ago. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). 2006. **Anuário Brasileiro de Cerâmica**. São Paulo: ABC, 2006.

AUMOND, J. J.; SCHEIBE, L. F. 1996. O Fonolito de Lages-SC, um Novo Fundente Cerâmico Brasileiro. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 17-21, mai./jun. 1996.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. 1994. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**: Fundamentos Geológico-geográficos, Alteração Química e Física das Rochas. Relevo Cárstico e Dômico. Florianópolis: Editora da UFSC. v. 1. p. 65-71 e 110-151. Cap. 2, 3.

BIONDI, J. C.; MARCZYNSKI, E. S. 2004. Caracterização Física e Química dos Filitos Açungui (PR) Visando sua Utilização pela Indústria Cerâmica. **Cerâmica**, São Paulo, n. 50, p. 21-32.

BORBA, C. D. G. de; RODRIGUES NETO, J. B.; OLIVEIRA, A. P. N. de; ECHUDE, E. C. F.; ALARCÓN, O. E. 1996. Estudo de Matérias Primas Fundentes. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 34-39, mar./abr. 1996.

CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J. F. M.; MELLO, I. S. de C.; TANNO, L. C.; SINTONI, A.; SALVADOR, E. D.; CHIEREGATTI, L. A. 2001. Recursos Minerais do Fanerozóico do Estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 105-159.

CAMPANHA, G. A. da C.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, M. A. de. 1987. Considerações sobre a Organização Litoestratigráfica e Evolução Tectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. **Atas...** Curitiba: SBG. p. 725-742.

CAMPANHA, G. A. da C. 1991. **Tectônica Proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo. 296 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

CHIODI FILHO, C. 1984. Contribuição à Geologia das Regiões Sul Paulista e Leste Paranaense - Grupos Açungui e Setuva. In: CONG. BRASI. DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG. p. 2.394-2406.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). 1981. **Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira**. São Paulo. v. 1. 264p. Rel. Final.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). 1986. **Projeto Engenheiro Maia – Ribeirão Branco**. São Paulo. v. 1. 280p. Rel. Final.

DAMIANI, J. C.; PEREZ, F.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. 2001. Coração Negro em Revestimentos Cerâmicos: Principais Causas e Possíveis Soluções. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 12-16, mar./abr. 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DPMN). 2005. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: DNPM, Ano 34.

DEPARTAMENTO DE ESTRADA E RODAGEM (DER). 2006. **Informações de distâncias entre cidades**. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br/-malha/distancia.asp>> Acesso em: 22 ago. 2006.

DREVER, J. I. 1988. The Hydrologic Cycle. In: _____. **The geochemistry of natural Waters**. New Jersey: Ed. Prentice Hall. p. 1-14.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). 2005. **Brasil em Relevo**. Monitoramento por satélite, município de Itapeva-SP, escala: 1:50.000. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.br/embrapa.br/sp/index.htm>> Acesso em: 20 mai. 2005.

FENZL, N.; RAMOS, J. F. 1988. **Introdução à Hidrogeoquímica**. Belém-PA: Gráfica e Editora Universitária. p. 1-48.

FONSECA, M. G.; PAULA, G. R. de; TEIXEIRA, R. A.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. 1999. Estudo de Matérias Primas Fundentes. In: CONG. BRAS. DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABCERAM. p. 44301-44311.

GARRELS, R. M. 1960. **Mineral Equilibria**: at low temperature and pressure. New York: Harper e Brothers. p. 61-74 e 200-219. Cap. 4, 7.

GOMES, C. F. 1988. **Argilas**: O que são e para que servem. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 457p.

GUIMARÃES, D. 1963. Súmula Geoquímica. **Bol. Rep. dos Estados do Brasil**, Rio de Janeiro, n. 115, p. 124-129 e 254-259.

HASUI, Y.; PENALVA, F.; HENNIES, W. T. 1969. Geologia do Grupo São Roque. In: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 23., 1969, Bahia. **Anais...** Bahia: SBG. p. 101-134.

HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R. 1976. Evolução Geológica do Precambriano na Região Sudeste do Estado de São Paulo. **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 6, p. 182-200.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. 1980. Estruturas e Tectônica da Pré-Cambriano de São Paulo e Paraná. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 52, 1., 1980, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG. p. 61-76.

HASUI, Y.; CREMONI, O. A.; BORN, H. 1984. Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porção adjacente do Paraná. In: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG. p. 3297-3306.

HASUI, Y.; OLIVEIRA, M. A. F. de. 1984. Província Mantiqueira. In: ALMEIDA, F. F. M. de.; HASUI, Y. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 309-344.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). 1975. **Ribeirão Branco**. Rio de Janeiro. 1 mapa: colorido; 55 x 50 cm. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). 2006. **Biblioteca**. Dados cidades do Estado de São Paulo. Disponível em:

<<http://www.biblioteca.ibge.gov.br/vizualizacao/dtbs/saopaulo/itapeva>> Acesso em: 20 de ago. de 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1981. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 50.000. São Paulo: IPT, v. 1. 126 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1998. **Diagnóstico Técnico-econômico do setor mineral de Itapeva-SP e das possibilidades para desenvolvimento de um pólo regional de mineração**. São Paulo: IPT. 85p. Rel. IPT 37582.

KRAUSKOPF, K. B. 1972. **Introdução à Geoquímica**. Tradução de: Michal Lando e Paulo S. C. Bogus. São Paulo: Editora Polígono, p. 196-265.

MASON, B. 1971. **Princípios de Geoquímica**. Tradução de: Rui Ribeiro Franco. São Paulo: Editora Polígono, p. 186-238 e 307-351.

MELCHER, G. C.; GOMES, C. B.; CORDANI, U. G.; BETTENCOURT, J. S.; DAMASCENO, E. C.; GIRARDI, V. A. V.; MELFI, A. J. 1973. Geologia e Petrologia das Rochas Metamórficas e Graníticas Associadas do Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 3, p. 97-123.

MIYAHARA, R. Y.; MOREIRA, A. G.; VALERA, T. S.; SAKAI, R.; VALENZUELA-DIAZ, F. R.; TOFFOLI, S. M. 2002. Comportamento Reológico e Resistência Mecânica de Filito de Itapeva, Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. DE CERÂMICA, 46., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCERAM. p. 854-864.

MINERAÇÃO ITAPEVA LTDA. 2005. **Mineração Itapeva**. Disponível em: <<http://www.mineracaoitapeva.com.br>> Acesso em: 22 ago. de 2005.

MOREIRA, M. D. 1994. **Aplicações dos Minerais e Rochas Industriais**. Salvador-BA: SBG, 87 p.

MOTTA, J. F. M.; CABRAL JÚNIOR, M.; TANNO, L. C. 1998. Panorama das Matérias Primas Utilizadas na Indústria de Revestimentos Cerâmicos: Desafios ao Setor Produtivo. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 3, n. 4-6, p. 30-38, jul./dez. 1998.

MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JUNIOR, M. 2001. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 28-39, mar./abr. 2001.

PASSARELLI, C. R.; BASEI, M. A. S.; CAMPOS NETO, M. da C.; SIGA JÚNIOR, O.; PRAZERES FILHO, H. J. dos. 2004. Geocronologia e Geologia Isotópica dos Terrenos Pré-Cambrianos da Porção Sul-Oriental do Estado de São Paulo. **Rev. do Instituto de Geociências – USP (Série Científica)**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 55-74, abr. 2004.

PETRI, S.; FULFARO, V. J. 1967. Considerações Geológicas sobre a Região de Itapeva, SP. **Bol. da Soc. Bras. de Geologia**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 25-42.

PRAZERES FILHO, H. J. dos. 2000. **Litogeoquímica, Geocronologia (U-Pb) e Geologia Isotópica dos Complexos Graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, Estado do Paraná**. São Paulo. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS MINERAIS (PRÓ-MINÉRIO). 1981. **Mercado Consumidor Mineral – Estado de São Paulo**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo. p. 16-38.

RANKAMA, K.; SAHAMA, G. 1954. **Geoquímica**. Tradução de: Ignácio Bolívar Izquierdo. Madrid: Ediciones Aguilar S. A., p. 251-284.

REIS NETO, J. M. dos. 1994. **Faixa Itaiacoca: Registro de uma Colisão entre dois Blocos Continentais no Neoproterozóico**. São Paulo. 253 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RIBEIRO, A. P.; SOARES, L.; COELHO, A. C. V.; TOFFOLI, S. M.; VALENZUELA DIAZ, F. R. R. 2000. Caracterização Físico-Química de Filitos Brancos da Região de Itapeva, SP. In: CONGR. BRAS. DE CERÂMICA. 44., 2000, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro-SP: ABCERAM. p. 4901-4913.

RIELLA, H. G.; FRANJNDLICH, E. U. de C.; DUROZZO, M. 2002. Caracterização e Utilização de Fundentes em Massas Cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 33-36, mai./jun. 2002.

RODRIGUES, L.; GALDINO, D. S. 2002. **Prefeitura de Itapeva**. Dep. de Informática. Disponível em: <<http://www.itapeva.sp.gov.br/itapeva/cidade/default.htm>> Acesso em: 22 de ago. de 2005.

ROSTIROLLA, S. P.; MANCINI, F.; REIS NETO, J. M. dos; FIGUEIRA, E. G.; ARAÚJO, E. C. de 2002. Análise Estrutural da Mina de Vazante e Adjacências: Geometria, Cinemática e Implicações para a Hidrologia. **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 58/69.

SALLUN FILHO, W.; CAMPANHA, G. A. da C.; FAIRCHILD, T. D. 2005. Aspectos Deformacionais em Estromatólitos do Grupo Itaiacoca, a Sul de Itapeva (SP). **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 333-340.

SALOMÃO, F. X. de T.; ANTUNES, F. dos S. 1998. Solos e Pedologia. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. 1998. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos. p. 87-99.

SANTOS, P. S. 1992. **Ciências e Tecnologias de Argilas**. 2 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. p. 175-209 e 469-505. v. 1, 2. Cap. 10, 21.

SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1973. **Projeto SP: fotos aéreas**. Escala: 1:25.000. São Paulo, n. 13-45450, 13-45451, 13-45452, 13-45453, 13-45454, 14-45633, 14-45634, 14-45635, 14-45636 e 14-45637.

SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; SATO, K.; PRAZERES FILHO, H. J. dos; CURY, L. F.; WEBER, W.; PASSARELLI, C. R.; HARARA, O. M.; REIS NETO, J. M. dos. 2003. U-Pb (zircon) Ages of Metavolcanic Rocks From the Itaiacoca Group: Tectonic Implications. **Rev. do Instituto de Geociências – USP (Série Científica)**, São Paulo, v. 3, p. 39-49, ago. 2003.

SOARES, A. C. P. 1995. **Potencial Aurífero do Vale da Araçuaí: História da Exploração, Geologia e Controle Tectono-Metamórfico**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/posg/dout./dout.007.htm>> Acesso em: 20 jan. 2007.

SOUZA, J. V. de; SANTOS, P. de S. 1964. Considerações sobre a aplicação da análise térmica diferencial no estudo de argilas cerâmicas do Brasil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 10, ano 10, p. 3-27, set. 1964.

SOUZA, A. P. 1990. **Mapa Geológico na Escala 1:50.000 e Esboço da Evolução Tectônica e Sedimentação do Grupo Itaiacoca, nas Folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde – SP/PR**. São Paulo. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Geral e de Aplicação) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA, C. R. de G.; SOUZA, A. P. 2000. **O Escarpamento Estrutural Furnas na Região S-SE do Brasil**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio080/sitio080.htm>> Acesso em: 20 jan. 2007.

STEVANATO, R. 1998. **Modelo Exploratório para depósitos de chumbo e zinco na Faixa Itaiacoca – PR/SP**. Curitiba. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Exploratória) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

SUGUIO, K. 2003. Intemperismo e Origem dos Sedimentos. In: _____. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, p. 11-22.

SZABÓ, G. A. J.; ANDRADE, F. R. D. de; GUIMARÃES, G. B.; CARVALHO, F. M. S.; MOYA, F. A. 2006. As Jazidas de Talco no Contexto da História Metamórfica dos Metadolomitos do Grupo Itaiacoca, PR. **Rev. do Instituto de Geociências – USP (Série Científica)**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 13-31, mar. 2006.

TANNO, L. C.; MOTTA, J. F. M. 2000. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 37-40, mai./jun. 2000.

TARDY, Y. 1989. Geochemical cycles and global water-rock interaction from 4,000 million years. **Water-Rock Interaction, Miles**, Rotterdam. p. 675-678.

THEODOROVICZ, A.; CÂMARA, M. M.; TAKAHASHI, A. T.; MORAIS, S. M.; GODOY, H. K. 1988. Geologia do Pré-Cambriano das Folhas Engenheiro Maia e Ribeirão Branco, São Paulo. In: CONGR. BRAS. DE GEOLOGIA. 35., 1988, Belém-PA. **Anais...** Belém-PA: SBG. p. 2713-2726.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B. de; MELFI, A. J. 2000. Intemperismo e Formação do Solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. 2000. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. p.139-166.

TREIN, E.; REIS NETO, J. M. dos; BIONDI, J. C.; MONASTIER, M. S. 1985. Revisão da Formação Itaiacoca: Identificação de uma Seqüência Metavulcânico-Sedimentar em Abapã (PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5., São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG. v. 1. p. 169-185.

TREIN, E. 1987. **Geologia da Folha Itaiacoca**. Curitiba. Folheto da Biblioteca de Ciências e Tecnologia da UFPR.

VALERA, T. S.; RIBEIRO, A. P.; SOARES L.; SANCHES, E. C.; ORMANJI, W.; TOFFOLI, S. M. 2002. Uso Alternativo de Filito como Carga Mineral para Pisos Poliméricos. In: CONGR. BRAS. DE CERÂMICA, 46., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCERAM. p. 1149 – 1159.

WINKLER, H. G. F. 1978. **Petrogénesis de Rocas Metamórficas**. Tradução por: César Casquet e Mercedes Peinado. Madrid: H. Blume Ediciones., p. 211-242.

YAMAGUTI, H. S.; VILLAS, R. N. 2003. Estudo Microtermométrico dos Fluidos Hidrotermais Relacionados com a Mineralização Aurífera de Montes Áureos, NW do Maranhão. **Rev. Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 21-32.

YARDLEY, B. W. D. 1994. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. Traduzido por: Reinhardt A. Fuck. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 340 p.

ZANON JUNIOR, L. C. B.; FONSECA, M.; MELCHIADES, F. G.; BOSCHI, A. O. 2004. **TE 030 Matérias Primas Fundentes para a Indústria Cerâmica**. Disponível em: <<http://www.propg.ufscar.br/public/viicic/tecnologia/te03.0.html>> Acesso em: 17 set. de 2004.

ANEXO 1 – TABELA DE CORRELAÇÃO DE DADOS

ANEXO 2 – MAPA FACIOLÓGICO DA ÁREA